UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA- BAHIA
UEFS Editora

Att. Scielo

ERRATA

Informamos sobre o erro localizado no livro "**Ciências Ambientais e Interdisciplinaridade**"

Capítulo: Difusão das Geotecnologias para a educação fundamental: ampliando o olhar para o ensino de geografia no contexto local

Quadro 6 - Descrição das atividades desenvolvidas com alunos por dois professores

1-onde se lia:
"Ralato"

	Professor A	Professor B
Público alvo	8º Ano	7º Ano
Tema	Conhecendo os Municípios Vizinhos de Pé De Serra	A utilização de geotecnologias no estudo do município de Pé de Serra – Bahia
Objetivo	Reconhecer o território de identidade ao qual o município de Pé de Serra está inserido, identificar e localizar os seus municípios vizinhos, bem como, os principais aspectos geográficos desses municípios e compará-los aos de outros municípios no Brasil e no Mundo.	Compreender os conceitos básicos da cartografia e relacioná-los com os conceitos básicos da Geografia (paisagem, lugar, região e território) e com seu espaço local, através do uso de produtos das geotecnologias no processo educacional, como as imagens de satélites e mapas locais.
Materiais	Mapa dos municípios do	Data show; notebook; livro didático; material de

	território de identidade da Bacia do Jacuípe com e sem os nomes dos municípios.	apoio (mapas coloridos e carta-imagem do município de Pé de Serra e roteiro de atividades).
Etapas	1) Fornecer aos alunos uma lista com os 15 municípios do Território de Identidade da Bacia do Jacuípe; fornecer o mapa desse território com o contorno dos municípios, porém sem os nomes; os alunos deverão localizar e escrever o nome dos municípios no mapa. 2) Entregar aos alunos o mapa desse território com os municípios indicados e solicitar que façam as devidas correções. 3) Solicitar que cada aluno/grupo de alunos escolha um dos municípios e faça uma pesquisa para caracterizar e/ou trazer informações sobre o campo e a cidade desse município.	1) Aula expositiva participada; 2)Realização de trabalho em grupos (três alunos) para análise e interpretação das imagens (mapas) adquiridas com os recursos das geotecnologias; 4) Resolução e discussão coletiva dos exercícios propostos no material de apoio.
Relato	Os alunos ficaram felizes em reconhecer a área territorial do seu município, os municípios vizinhos de Pé de Serra, poder calcular e comparar a densidade demográfica, destacando ainda os .	A aula foi bastante dinâmica e os alunos mostraram-se curiosos com a realização da atividade proposta. Inicialmente foi realizado um diagnóstico sobre o conhecimento dos alunos acerca de seu espaço de vivência. Esta atividade iniciou-se com uma conversa informal e exposição de mapas do Brasil e da Bahia para discutir com

leia-se:
"Relato"

Quadro 6 - Descrição das atividades desenvolvidas com alunos por dois professores

	Professor A	**Professor B**
Público alvo	8º Ano	7º Ano
Tema	Conhecendo os Municípios Vizinhos de Pé De Serra	A utilização de geotecnologias no estudo do município de Pé de Serra – Bahia
Objetivo	Reconhecer o território de	Compreender os conceitos básicos da

	identidade ao qual o município de Pé de Serra está inserido, identificar e localizar os seus municípios vizinhos, bem como, os principais aspectos geográficos desses municípios e compará-los aos de outros municípios no Brasil e no Mundo.	cartografia e relacioná-los com os conceitos básicos da Geografia (paisagem, lugar, região e território) e com seu espaço local, através do uso de produtos das geotecnologias no processo educacional, como as imagens de satélites e mapas locais.
Materiais	Mapa dos municípios do território de identidade da Bacia do Jacuípe com e sem os nomes dos municípios.	Data show; notebook; livro didático; material de apoio (mapas coloridos e carta-imagem do município de Pé de Serra e roteiro de atividades).
Etapas	1) Fornecer aos alunos uma lista com os 15 municípios do Território de Identidade da Bacia do Jacuípe; fornecer o mapa desse território com o contorno dos municípios, porém sem os nomes; os alunos deverão localizar e escrever o nome dos municípios no mapa. 2) Entregar aos alunos o mapa desse território com os municípios indicados e solicitar que façam as devidas correções. 3) Solicitar que cada aluno/grupo de alunos escolha um dos municípios e faça uma pesquisa para caracterizar e/ou trazer informações sobre o campo e a cidade desse município.	1) Aula expositiva participada; 2)Realização de trabalho em grupos (três alunos) para análise e interpretação das imagens (mapas) adquiridas com os recursos das geotecnologias; 4) Resolução e discussão coletiva dos exercícios propostos no material de apoio.
Relato	Os alunos ficaram felizes em reconhecer a área territorial do seu município, os municípios vizinhos de Pé de Serra, poder calcular e comparar a densidade demográfica, destacando ainda os municípios que alguns alunos revelaram nem saber que existiam, como por exemplo, o município de Quixabeira. A questão de trabalhar a identidade cartográfica do município acaba sendo negligenciada porque na maioria das vezes, seguem à risca os conteúdos do	A aula foi bastante dinâmica e os alunos mostraram-se curiosos com a realização da atividade proposta. Inicialmente foi realizado um diagnóstico sobre o conhecimento dos alunos acerca de seu espaço de vivência. Esta atividade iniciou-se com uma conversa informal e exposição de mapas do Brasil e da Bahia para discutir com os alunos o seu espaço de vivência, com o intuito de saber o quanto os alunos conhecem sobre o município em que vivem. Eles mostraram-se curiosos, mas tiveram dificuldade em localizar o estado em que vivem, bem como em diferenciar os conceitos de País, Estado, Município e Cidade. No segundo momento, ao propor o trabalho em grupos, os alunos tiveram bastante interesse em localizar o município de Pé de Serra no mapa e os munícipios vizinhos. Houve bastante

	livro didático, fato que tira a relação de pertencimento de identidade com aquilo que é seu. Eu também não sabia que o município de Pintadas fazia limite com o município de Pé de Serra. Devemos inserir com mais frequência, informações da localidade do aluno em nossas aulas.	debate entre os componentes dos grupos, com o levantamento de ideias e hipóteses na resolução dos exercícios propostos. Entretanto, os alunos apresentaram muito dificuldade na leitura de elementos cartográficos, como legenda e escala, sendo necessária a constante intervenção do professor. De modo geral, o uso de produtos das geotecnologias como recurso didático tornaram as aulas mais dinâmicas e interessantes para os alunos, visto que houve a participação ativa de todos os alunos nas atividades realizadas, com poucas conversas paralelas ou dispersão. Por meio de imagens de satélites e mapas, os alunos puderam visualizar, conhecer e aprofundar os conhecimentos acerca do município de Pé de Serra, além de assimilar conceitos importantes para análise espacial.

CIÊNCIAS AMBIENTAIS
E INTERDISCIPLINARIDADE

JOCIMARA SOUZA BRITTO LOBÃO
JOSELISA MARIA CHAVES
MARJORIE CSEKÖ NOLASCO
PAULO DE TARSO AMORIM CASTRO
WASHINGTON DE JESUS SANT'ANNA DA FRANCA ROCHA
(ORGANIZADORES)

Ciências Ambientais e Interdisciplinaridade

Feira de Santana - Bahia
2020

Editoração eletrônica: *Zenailda Novais*
Capa: *Thiago Oliveira Basso*
Revisão de provas: *Os Organizadores*
Revisão textual: *Valdomiro Santana*

Ficha catalográfica - Biblioteca Central Julieta Carteado - UEFS

C511 Ciências Ambientais e Interdisciplinaridade [recurso eletrônico] / Jocimara Souza Britto Lobão, Joselisa Maria Chaves, Marjorie Csekö Nolasco, Paulo de Tarso Amorim Castro, Washington de Jesus Sant'anna da Franca Rocha, organizadores. – Feira de Santana: UEFS Editora, 2020.
583 p.: il.

E-book.
ISBN 978-65-89524-01-4

1. Ciências Ambientais. 2. Interdisciplinaridade. I. Lobão, Jocimara Souza Britto. II. Chaves, Joselisa Maria. III. Nolasco, Marjorie Csekö. IV. Castro, Paulo de Tarso Amorim. V. Franca-Rocha, Washington de Jesus Sant'anna da.

CDU: 504

Luis Ricardo Andrade da Silva – Bibliotecário – CRB 5/1790

UEFS Editora,
Av. Transnordestina, Novo Horizonte
Campus da UEFS, CAU III
44.036-900 – Feira de Santana, BA
Telefone: (75) 3161-8380 E-mail: editora@uefs.br

Sumário

Prefácio

> Interdisciplinaridade é uma nova atitude diante da questão do conhecimento, de abertura à compreensão de aspectos ocultos do ato de aprender e dos aparentemente expressos, colocando-os em questão.
> (Ivani Fazenda, 2002, p. 11)

O convite para prefaciarmos a obra Ciências Ambientais e Interdisciplinaridade, além de motivo de orgulho e responsabilidade para nós, enaltece princípios que fazem da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) respeitada em âmbitos nacional e internacional por seus valores éticos humanistas, sensibilidade política, vivência democrática, compromisso social e, portanto, referenciada socialmente diante de sua trajetória nos campos do ensino, da pesquisa, da extensão, da internacionalização e das ações afirmativas.

Uma trajetória que certamente propiciou o clima institucional para que o Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente (PPGM) investisse, desde o seu nascedouro, na interdisciplinaridade enquanto atitude epistemológica que promove novas relações entre os conhecimentos. Com essa orientação, o PPGM, enquanto um programa interdisciplinar, investiu na arquitetura de um ambiente interativo, entrelaçando os diversos saberes e as diferentes pessoas, alargando o conceito de construção coletiva.

De fato, hoje, a interdisciplinaridade é uma tendência forte tanto nos estudos quanto nas pesquisas, especialmente entre os estudiosos que se contrapõem à pesquisa e ao ensino fragmentados,

entendendo que as especificidades das diferentes áreas devem ser estudadas, porém integrando-as com outras áreas. A postura investigativa interdisciplinar, a organização curricular valorizando os diferentes saberes e práticas, a imersão no cotidiano, o olhar epistemológico sensível e coletivo, são elementos que se destacam numa nessa tendência. Entretanto, nem sempre foi assim.

O modelo da universidade brasileira tal qual o conhecemos foi consolidado nos últimos 100 anos, com uma considerável expansão nos últimos 50 anos. A departamentalização é a marca desse modelo que orienta a gestão administrativa e a compreensão e a construção do conhecimento. A formação profissional dos estudantes também está centrada na departamentalização, ou disciplinarização, com bacharelados e licenciaturas em disciplinas e cursos voltados para a especialização profissional. Professores costumam trabalhar individualmente e não há uma cultura de interação ou cooperação entre pares para produzir conhecimento integrado a ser construído com os estudantes. Sem exagero, pode ser afirmado que a pós-graduação no Brasil trilhou esse mesmo caminho, aprofundando a disciplinarização dentro das universidades.

Mas os problemas do mundo se tornaram mais complexos e a humanidade necessita compreender tais problemas de forma mais completa e integrada para resolvê-los. Assim, a pesquisa interdisciplinar se constitui em uma importante ferramenta para trazer soluções para esses problemas. A interdisciplinaridade tem contribuído epistemologicamente para quebrar o isolamento e a resistência a novas ideias, ao levar pesquisadores de diferentes especialidades a interagir, aprender uns com os outros e fazer emergir tópicos, questões e descobertas científicas que criam as bases para uma nova compreensão dos problemas do mundo.

As Ciências Ambientais têm se destacado como um campo interdisciplinar de alta relevância para a humanidade, e, porque não dizer, para a universidade. A interdisciplinaridade na univer-

sidade ganhou muito com a perspectiva trazida pelo debate sobre a questão ambiental nos anos 1960 e 1970. Nas décadas de 1980 e 1990, pesquisadores da Biologia, Agronomia, Geografia, Engenharias, Economia, Antropologia, Ciências Sociais começaram a trabalhar de forma mais integrada e colaborativa em algumas universidades em torno das questões ambientais. A interdisciplinaridade nas Ciências Ambientais começou a despontar como um processo de pesquisa, de conhecimento, de análise, de síntese e de transformação da realidade.

Nos anos 1990 e no início dos anos 2000, o Brasil já contava com alguns programas de pós-graduação em Ciências Ambientais. A título de ilustração, podemos mencionar que em várias universidades do Brasil foram induzidos os Programas de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA). A Universidade de Brasília (UNB) criou o Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável. A Universidade de São Paulo (USP) consolidou o Programa de Pós-graduação em Ciência Ambiental. E na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) funcionava o Programa de Pós-graduação em Estudos Interdisciplinares de Comunidades e Ecologia Social.

A Universidade Estadual de Feira de Santana não ficou fora desse contexto do florescimento das Ciências Ambientais e da interdisciplinaridade nas universidades brasileiras. Em 2006, a instituição reuniu no Programa de Pós-graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente docentes de áreas como Ciências Biológicas, Ciências Exatas, Ciências da Saúde e Ciências Humanas em torno de uma concepção pautada na utilização de processos e metodologias inovadoras e mais adequadas para se chegar à interdisciplinaridade.

Quinze anos após essa iniciativa ousada no seio do semiárido baiano e brasileiro, o PPGM tornou-se um ensaio concreto e privilegiado de ruptura com a ciência departamentalizada e disciplinar. Como o leitor poderá ver nesta obra, o trabalho

acadêmico envolvendo docentes e discentes na troca de saberes resultou em vários textos que têm os alunos egressos como protagonistas. A gama de temas vai desde o conceito e o valor cultural da geodiversidade, até a modelagem de potencial ecoturístico na Chapada Diamantina da Bahia. Da Chapada Diamantina, no centro da Bahia, para o litoral, a produção científica do PPGM se ocupa do conhecimento, análise e de síntese da questão sanitária de uma comunidade tradicional de uma reserva extrativista marinha e das transformações da paisagem mesclando tradição oral e a modernidade das geotecnologias.

Para ser um instrumento efetivo de conservação da vida planetária, a Ciência Ambiental precisa ser cada vez mais apropriável pelo corpo social. O corpus acadêmico precisa incorporar o social, através da alfabetização e popularização científica da sociedade em geral. Nesta obra, esta premissa é tratada a partir da difusão das geotecnologias para o Ensino Fundamental. A agricultura familiar também tem a sua vez na trajetória de produção científica do PPGM, com a caracterização desta atividade no Município de Serrinha. E a caatinga fica sob as lentes das geotecnologias para que sejam reveladas as transformações da paisagem nesse Bioma.

Seja através do algoritmo para subpíxel, direto de Cuba, ou do zoneamento ambiental de uma localidade em Moçambique, as geotecnologias não têm fronteiras. E, por isso, o PPGM tem a marca da internacionalização. O programa tem uma arrojada estratégia de atração de estudantes estrangeiros, aspecto que certamente contribui para trocas intelectuais e culturais muito apropriadas ao exercício da interdisciplinaridade.

A trajetória desses 15 anos do Programa de Pós-graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente pode ser considerada de muito sucesso. Este livro apresenta um Programa cujas dissertações têm uma qualidade há muito indicadora da sua maturidade para um doutorado. Comemora este momento especial, quando a primeira turma de doutorado irá se iniciar, e

prenuncia as contribuições que se pode esperar no futuro – VIDA LONGA ao PPGM! Que o programa seja mais um caminho, uma ponte com a sociedade, para que a universidade cumpra sua função social e transformadora.

Evandro do Nascimento Silva
Professor Titular na Área de Ecologia,
Reitor da UEFS (2015-2023)

Amali de Ângelis Mussi
Professora Titular na Área de Prática de Ensino,
Vice-reitora da UEFS (2019-2023)

Silvone Santa Bárbara da Silva Santos
Professora Titular na Área de Saúde Coletiva,
Pró-reitora de Pesquisa e Pós-graduação da UEFS

Referência

FAZENDA, I. C. A. (org.). Dicionário em construção: interdisciplinaridade. 2ª ed. -São Paulo: Cortez, 2002.

Introdução

O caminho se faz ao caminhar: passos de um registro “meio histórico” para tecer o futuro.

Um dia, um jovem perguntou ao mestre: “Mestre, por que a folha é verde?”. O Mestre pensou por um tempo e depois respondeu: “Filho, para responder a sua pergunta preciso recorrer a diversas áreas do conhecimento: a biologia, para conhecer como a planta realiza a fotossíntese; a climatologia para conhecer sobre a dinâmica energética do planeta; a geografia e astronomia para conhecer como o sol se comporta em relação à Terra; a física para conhecer principalmente sobre luz e espectrorradiometria; dentre outras ciências”. Desta forma, ao longo dos meses seguintes o mestre conduziu o aprendiz a compreender como na natureza, e a sociedade humana como parte dela, interagem sistemicamente. A partir desta questão o mestre ainda demonstrou a importância daquela folha para a vida no planeta, a relação dialógica da sociedade neste contexto. Enfim, refletiu sobre a necessidade da trans, inter, e multidisciplinaridade da construção do conhecimento.

Dentro desta lógica, o Programa de Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente – PPGM se constituiu, e após uma longa jornada de publicações e busca incessante do caráter interdisciplinar, no intento de compreender a complexidade ambiental. Este livro é uma forma de publicizar os trabalhos de discentes e docentes do PPGM, não é o primeiro, mas pretende tornar-se a primeira série, anual, que registre e consolide nossa história, através de capítulos advindos de parcerias e de orientações, complementados por histórias e caminhos. Este livro

também apresenta, em seus capítulos, uma retrospectiva histórica que celebra termos alcançado um objetivo há muito traçado, o doutorado.

O PPGM desde seus primórdios, em 2005, foi pensado como Mestrado e Doutorado, um Programa de Pós Graduação, que agora está completo. No intuito de registrar um pouco dessa história, esta introdução apresentará, através das coordenações, o percurso das primeiras ideias ao doutorado, atual.

A área de Geociências, da UEFS, iniciou o sonho preparando-se para este objetivo anos antes, com formação de doutores entre seus professores, intenso trabalho de formação entre discentes e diálogos com outras áreas de conhecimento dos departamentos de Biologia, Exatas, Engenharias, Saúde e Ciências Humanas e Aplicadas.

Foram 15 anos de trabalho intenso e um mundo de construções, secundadas por nossos primeiros alunos, strar-ups — que se chamavam empresas juniores, na época — busca ativa por integração nacional e internacional, desde o primeiro pensar, nunca desprezando conhecimentos não-acadêmicos, advindos das mais diferentes fontes; ou mesmo profissionais que, sem títulos formais, traziam a experiência de vida significativa.

O PPGM, desde o início, constituiu-se na multidisciplinaridade e no diálogo de saberes, rapidamente caminhando a inter-transdisciplinatidade, através da ligação entre tecnologia, a academia e os saberes tradicionais, sem perder de vista a auto-exigência criteriosa de qualidade, respeito pelos pesquisadores em formação, trabalho coletivo, equidade e empatia. Também considerando que não há abismos entre as ciências, há aprendizados e tecituras.

O PPGM foi sonhado e realizado até aqui por muitas mãos e parcerias. Elas estão representadas no corpo editorial desta série, ao menos nesse volume, formada por quatro ex-coordenadores e um membro parceiro externo. Os seus capítulos falam de inúmeros

egressos, entre as até aqui 14 turmas e dos nossos professores, antigos e atuais. Pedimos licença para usando os nomes das coordenações/coordenadores, em série temporal, registrar a evolução até o doutorado. Afinal, se o caminho se faz ao caminhar, a modelagem da "folha verde" nunca estará completa, poderá ser complexificada ao longo do tempo. A compreensão do caminho trilhado, a história (bela dama), ajudará a traçar o futuro, novos saltos, renovando caminhos, afinal a ciência é uma vela acesa na escuridão[1].

O Prof. Dr. Washington de Jesus Sant'anna da Franca Rocha, coordenou a equipe que construiu a primeira proposta do PPGM, frustrada e revista por dois anos, ela foi desenvolvida e aperfeiçoada por uma especialização de mesmo nome, conduzida por Professora Dra. joselisa Ma. Chaves, que ajudou a consolidar disciplinas, aprimorar compartilhamentos de orientação e componentes curriculares, aperfeiçoar procedimentos, até a primeira autorização e a auto-exigência UEFS de que, passar ao Doutorado, aprovado internamente desde então, significaria obter a nota 4 - CAPES.

Pertence ao primeiro ano, desta primeira gestão, o início dos contatos internacionais em diversos países. Em Portugal, a Universidade de Braga e do Porto tornam-se parceiros, aprofundando no Brasil, via UEFS-PPGM, a questão da Geodiversidade e Geoconservação, apresentada em alguns dos capítulos deste volume. Em Cuba, a Unión Nacional de Architectos y Inginieros por la Construcion de Cuba - UNAICC, e a Sociedade Latinoamericana e Caribenha de Percepcion Remota (SELPER) são os primeiros convênios, junto com a Sociedade Latinoamericana e Caribenha de Historia Ambiental (SOLCHA), Cuba e Portugal iniciam as primeiras parcerias internacionais, que conduziram o nosso então coordenador a Assessor de Relações Interinstitucionais da UEFS,

[1] Carl Sagan

e o PPGM a apresentar,desde o início, relevo neste quesito avaliativo. Hoje já tivemos discentes de quase toda América Latina, iniciamos na África, com Moçambique, e continuamos avançando.

A primeira turma foi composta por 9 alunos, todos, com uma única exceção, ex-alunos de IC dos professores envolvidos na proposta, tão envolvidos quanto eles. A Especialização fez sua última turma, em 2006. Alguns passaram ao mestrado, outros à parceria como professores. O símbolo do PPGM, o globo com o rosto que sorri, foi contribuição de discente, agora colega professor da UEFS, que participou/a das primeiras turmas: mestrado (2007) e doutorado (2021). Dele é o capítulo — Modelagem espacial do potencial (eco)turístico da região de Igatu, Chapada Diamantina, Bahia - iniciador dos estudos em Geodiversidade, linha consolidada, que aparece em outros capítulos.

A Profª. Drª. Marjorie Csekö Nolasco, então vice, assume a tarefa de continuar, no meio da primeira gestão, e a sala MT 51 e 52, acolhem, fisicamente, o Mestrado - uma sala de aulas e uma sala de trabalho coletivo: secretária, alunos, coordenação. Aperto de condições físicas e companheirismo construtivo: sair às duas da manhã era conhecido por todos, servidores e docentes. Esta é a etapa de consolidação da infra-estrutura do mestrado do/a primeiros professores recém doutores. Uma deles, hoje, professora permanente, e ocupante da chefia de Gabinete da UEFS. Este foi o período das três primeiras turmas, 5 anos de mandato e o ajuste rápido de bienal com oito vagas, para anualidade e 16 vagas.

Projetos de Infra, aprovados via CAPES/CNPq, permitiram a construção de um moderno prédio com laboratórios, auditório, sala de aula, secretaria, salas de projetos, compra e equipagem da maioria dos laboratórios, bem como estruturação do corpo funcional inicial. Inaugurados e ocupados em 2010 com a terceira turma, recebemos a partir deste ano alunos estrangeiros, uma cubana e um, estágio sanduíche doutoral, portugues.

A Profª. Drª. Joselisa Maria Chaves, será a responsável pela etapa de articulação e melhor compreensão das estruturas CAPES e

suas avaliações. Menos intranquilos quanto a infraestrutura básica, tanto humana quanto de espaço, os próximos passos entre 2011 — 16, exigiam atenção as fragilidades avaliativas e sua superação, continuamos ampliando tanto nossas relações internacionais recebendo jovens do Chile, México, Venezuela, Colômbia, Estados Unidos, Moçambique, Peru quanto construindo relações internas, participando de grandes Projetos Nacionais em parceria com IBGE, INPE, IBAMA e estaduais com o INEMA, Ministério Público. Representações sociais as mais diversas e inserções em Conselhos Estaduais, Locais, Sociedades e Associações.

Na CAPES compreendemos e aprendemos as lógicas dos processos avaliativos, começando a fazer parte de Comissões de Avaliação e passamos a construir a proposta de passagem para o Doutorado.

Com o Prof. Dr. Carlos César Uchoa de Lima mantivemos a construção do doutorado e as articulações com os parceiros, captamos alguns grandes projetos, começando alguns trabalhos que rendem frutos atualmente como o INCT-Intree com a UFBA e o MAP Biomas, uma cooperação com nove instituições/ Universidades para cobrir as variações dos últimos 30 anos nos diferentes biomas brasileiros, apoiado pela Google. O PPGM assume, junto com a APNE, já parceiro num levantamento anterior com o MME, o Bioma Caatinga.

Neste período também, de Mestrado da Área Interdisciplinar passamos a Área das Ciências Ambientais, na Grande Área Interdisciplinar, e começamos a preparar o Doutorado. Dentro do aprendizado participamos intensamente da formatação do Mestrado Profissional para ensino de Ciências Ambientais, que recebemos como irmão mais novo. Boa parte do corpo docente participa da experiência, hoje a caminho da consolidação.

As tentativas do doutorado, apesar de cada vez mais próximas, não lograram êxito, nesta etapa, mas existiam muitas sementes lançadas. A busca de avaliar cada vez melhor internamente,

de forma inclusiva, a abertura total das reuniões de Colegiado, o convite a análise e reflexão, a cada nova turma, a busca de compreender como se faziam os percursos de mestrado e doutorado, antes de nós, através dos diálogos da quinta-feira, a ampliação da internacionalização: EUA, Moçambique, Venezuela, Colômbia, México, dentre outros. A palavra de ordem era consolidar, seguimos cada vez mais próximos do doutorado!

A Profª Drª Jocimara Lobão, vice-coordenadora do período anterior, assume o último triênio desta história. Nestes quatro anos, tivemos sim, Pandemia e reorganização de absolutamente tudo. A inovação e o empreendedorismo, claro que uma já marca comum ao PPGM, aprendemos a destacar com o MAP Biomas e sua potência. Assim diversas start-ups desenvolvem-se no PPGM, uma delas, hoje, já evoluída como parceiro de diversos formatos e gerador de oportunidades de estudos no Mestrado e Doutorado e de captação de novos projetos de grande impacto. Isso não impede entretanto de atuar em questões locais e apoiar em grandes catástrofes.

O PPGM e sua startup Geodatin são as mães do Portal Geocovid, estrela do controle brasileiro da pandemia COVID 19, também atuou fortemente na catástrofe do óleo nas costas da Bahia, e na Chapada Diamantina com incêndios, e conflitos junto a comunidades tradicionais e Prefeituras, ou junto a comunidades do entorno de Feira de Santana seja nas Escolas, seja na agricultura.

Mas, nem tudo são notícias tristes, e pouco após o início da sin-pandemia, uma notícia muito alegre e esperada, Profª Jocimara é a condutora da boa nova, a aprovação do doutorado! Ele traz um novo desafio de consolidar e renovar o corpo de professores mantendo o compromisso de ser socialmente referenciado, inclusivo, democrático e formativo, de excelência técnica. E a ideia dessa série se coloca! Como uma das formas de enfrentar dificuldades de divulgação específicas.

Assim o livro abre com artigos da primeira turma, já na belíssima Chapada Diamantina, de um hoje professor da UEFS,

que retorna para o Doutorado; segue caminhando por diversas turmas das 13 que houveram de Mestrado, antes de finalmente chegarmos ao Doutorado, desejado e previsto desde seu início em 2006. Chega a artigos da última turma, formados em 2020.2, referenciado a Matula, em Moçambique, na África, para onde devem se estender alguns projetos novos do PPGM, que prioriza países parceiros e troca de aprendizados, desde o Convênio com Cuba que foi contínuo até os dias de hoje.

Revela a diversidade de abrangência de um Programa de Ciências Ambientais que tem em seu DNA a prática da Interdisciplinaridade e fala de áreas locais, nacionais e internacionais, aborda estudos de caso e metodologias que podem ser replicadas em qualquer local; estuda a memória e a história ambiental com apoio no conhecimento tradicional, nas etnociências, com a mesma competência, qualidade e fluidez que discute tecnologias de ponta. Mistura conhecimentos acadêmicos com outros, sem perder o critério, o rigor e o respeito por eles.

Este volume de trabalhos oriundos do Programa de Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente - PPGM, inicia com trabalhos de geodiversidade e ecoturismo, perpassando por comunidades extrativistas, áreas de proteção ambiental, agricultura familiar, bioma caatinga, educação e geotecnologias, estudos químicos, dinâmica de uso do solo urbano e de cobertura das terras, degradação de recursos hídricos, dentre outros que incluem áreas fora do país, reforçando a internacionalização do Programa. Grande parte dos quatorze capítulos é permeado por geotecnologias e apresenta grande potencial inovador, ou seja, demonstra a diversidade dos estudos do programa, bem como, revela uma pequena parte de sua trajetória de pesquisa, também revela a interdisciplinaridade inerente ao Programa.

O livro, ou primeiro volume da série Ciências Ambientais e Interdisciplinaridade apresenta um Programa cuja qualidade das dissertações indicam sua maturidade. Comemora e marca

este momento especial, quando se inicia a primeira turma de doutorado, e perspectiva as contribuições que se pode esperar no futuro.

Boa Leitura,

Os Editores.

O conceito de geodiversidade e os principais métodos de avaliação

Roger Torlay Pires
Marjorie Csekö Nolasco
Paulo de Tarso Amorim Castro

A paisagem é uma das principais categorias de análise da geografia. Este conceito vem sendo requisitado nos estudos em geodiversidade. Embora a geodiversidade tenha sido mencionada em estudos integrados da paisagem (Xavier da Silva *et al.*; 2001, 2004; Troppmair e Galina, 2008), não há, na literatura especializada, discussões suficientes sobre a relação da geodiversidade com a paisagem, produzindo, assim, a impressão de sinonímia entre estes termos.

É possível que os métodos de avaliação e quantificação da geodiversidade possam ser usados como uma ferramenta inovadora para a análise integrada da paisagem a serviço da preservação do meio natural, planejamento territorial e entendimento de relações ecológicas geodiversidade/biodiversidade (Dantas *et al.*, 2015; Santos *et al.*, 2017). Entretanto, não se pretende aprofundar a reflexão sobre o conceito de paisagem, mas apenas esboçá-lo, uma vez que ele tem sido empregado como sujeito nos estudos sobre quantificação da geodiversidade, a exemplo de Serrano e Ruiz-Flaño (2007).

A paisagem, conceito caro à geografia, foi desenvolvida pela escola alemã. Entretanto, não há uma definição única, como ocorre também com outros conceitos que direcionam a abordagem e constituem o arcabouço teórico-metodológico da

geografia (como, por exemplo, território, lugar, região e espaço). O conceito de paisagem tem sido discutido ao longo dos últimos anos por diferentes autores e com diferentes interpretações.

No século XIX, os naturalistas alemães atribuem significado científico à paisagem (*Landschaft*) e o tornam pertinente à geografia (Venturi, 2004). Na época, o conceito foi trabalhado no plano descritivo e morfológico. Posteriormente, foi reelaborado, sob perspectiva sistêmica, por Bertalanffy (1948), compreendendo as trocas de matéria e energia entre os componentes do sistema, as relações entre os componentes físico, químico e biótico (Guerra e Marçal 2006). Com base na teoria sistêmica foi criada a teoria dos geossistemas, um ordenamento classificatório de unidades em sua estrutura funcional sobre as quais se estrutura a paisagem (Sotchava, 1977).

Sobre as conceituações de paisagem, destacamos as mais relevantes no Quadro 1.

Segundo Troll (1997), a paisagem evidencia uma hierarquia de diferentes dimensões. Com o aperfeiçoamento do modo de dimensionar a paisagem, alguns autores propuseram o que designaram como *sistemas de classificação da paisagem* (Quadro 2). É possível observar que os níveis de representação sugerem a espacialização de dados mais gerais para os mais detalhados, ou seja, da menor para a maior escala da investigação (Guerra e Marçal, 2006).

Pode-se afirmar que, apesar de apresentarem métodos próprios e objetivos diferentes, paisagem e geodiversidade podem ser conceitos complementares. Além do mais, os métodos quantitativos que estão sendo testados para avaliação da geodiversidade podem ajudar na compreensão e formulações de novas possibilidades de análise integrada da paisagem.

Conceito de paisagem	Aspecto fundamental	autor
"A paisagem é concebida como uma certa porção do espaço, resultante da combinação dinâmica e instável de elementos físicos, biológicos e antrópicos, que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem dela um conjunto único e indissociável".	Unicidade e influência antrópica	Bertrand (1971)
"A paisagem em sua abordagem sistêmica e complexa, será sempre dinâmica e compreendida como a somatória das interrelações entre os elementos físicos e biológicos que formam a natureza e as intervenções da sociedade no tempo e no espaço em constante transformação".	Incorporação da transformação da paisagem	Bolós (1981)
"A paisagem constitui-se no campo de investigação da Geografia, onde se permite que o espaço seja compreendido como um sistema ambiental, físico e socioeconômico, com estruturação, funcionamento e dinâmica dos elementos físicos, biogeográficos, sociais e econômicos"	Visão da paisagem como um sistema socioambiental e econômico	Christofoletti (1999)
O" conceito de paisagem apoia-se metodologicamente em três aspectos básicos: **Estrutura**: configuração específica dos elementos da paisagem no que se refere ao seu tamanho e forma, ao seu tipo e distribuição quantitativa, bem como indício para a identificação da distribuição de energia e matéria, de organismos; **Função**: interações entre os elementos da paisagem, seus componentes e componentes de sistema, com enfoque na permuta e no fluxo de energia, matéria e organismos**;** **Desenvolvimento e mudança**: mudança de estrutura e função dependente do tempo".	Aspectos básicos da análise da paisagem	Lang e Blaschke, (2009)
"O dimensionamento [da paisagem] é variado, indo desde as unidades maiores ... as *principais regiões naturais* (tem como principal enfoque o estudo acerca das zonas climáticas e de vegetação...), chegando até as unidades menores que são denominadas pequenas paisagens"	Dimensões e escalas de análise da paisagem	Troll (1997)

Quadro 1 – Evolução conceitual e de abordagem de paisagem

Escala Cailleux -Tricart	Escala G. Bertrand	Unidade climática	Unidade de Relevo ou Geomorfo-lógica	Escala Ross	Unidade sócio-economica	Escala cartográfica
I	Zona	Clima zonal	Sistema Morfogenético	-	-	1: 1.000.000
II	Domínio	Domínio climático	Domínio estrutural	Unidade morfo-estrutural	Região	1: 500.000 1: 100.000
III	Região Natural	Clima regional	Grande bacia fluvial	Unidade morfo-escultural	-	1: 500.000 1: 100.000
IV	Comarca	Clima local	Bacia fluvial de segunda ordem	Unidade de modelado	-	1: 100.000 1: 50.000
V	Geossistema	Mesotopoclim a	Vertente	Unidade conjunto de formas	Município	1: 25.000 1: 10.000
VI	Geofácies	Topoclima	Mesoformas	Unidade de dimensão e forma	Distrito	1: 10.000 1: 5.000
VII	-	Microclima	Microformas	Unidade de forma linear de relevo	Setor administrativo	1: 5.000
VIII	Geótopo	Clima estacional	Setor de microformas	-	Bairro	1: 5.000 ou inferior

Quadro 2 – Diferentes sistemas de classificação das unidades de paisagem
Fonte: Guerra & Marçal (2006)

A geodiversidade também permite valorar feições da natureza abiótica e criar referências na relação homem-meio. Por exemplo, na valoração de lugares de interesse geológico (LIG) é possível individualizar elementos da paisagem de grande valor para o homem a fim de se ter informações importantes sobre o geopatrimônio para gestão territorial, o desenvolvimento econômico e turístico, sendo sua proteção fundamental para que se conservem os atributos valiosos para as próximas gerações.

Geodiversidade

O desenvolvimento da temática geodiversidade não tem mais de três décadas, pois, apesar de o termo ter sido mencionado anteriormente, ganha destaque na comunidade cientifica a partir

da década de 1990 (Gray, 2004; Serrano e Ruiz-Flaño, 2007; Carcavilla *et al*., 2008). Essa temática, que se iniciou na Austrália e Europa, ligada à questão conservacionista e à gestão de áreas protegidas, mais tarde alcançou outros continentes (Gray, 2004, 2008; Brilha, 2005; Serrano e Ruiz-Flaño, 2007).

Não se sabe ao certo a origem do termo "geodiversidade". Apesar de o termo já ter aparecido antes, ganhou relevo ao final do século XX, por analogia com outro, "biodiversidade", sendo ambos complementares com relação à diversidade natural.

Para se ter uma noção da divergência entre a considerável quantidade de trabalhos produzidos com a temática biodiversidade e geodiversidade, a Tabela 1 reproduz o resultado da pesquisa do termo *geodiversity* (geodiversidade) e *biodiversity* (biodiversidade) na página de um provedor de periódicos científicos. A busca das palavras-chave compreendeu todo o texto do artigo, além do título, e também foi feita em língua inglesa, por ser mais comum nas publicações de artigos nessa temática. Então, apesar de esta pesquisa não ser um levantamento sistemático e preciso, ela permite se ter uma primeira noção do crescente volume de trabalhos, tanto sobre biodiversidade quanto sobre geodiversidade, no período entre 1998 e 2018. Por fim, apesar de a tabela exibir a desproporção dos números de artigos entre os dois temas, o crescimento do número de trabalhos em geodiversidade indica uma maior adesão e esforços em desenvolver o assunto em algumas universidades pelo mundo.

Gray (2005) sugere que o termo teve suas primeiras aparições em artigos publicados, inicialmente, por geólogos (como, entre outros, Sharples [1993], Dixon [1995] e Kiernan [1996, apud Sharples, 2002]) que desenvolviam pesquisas na Tasmânia, Austrália. Estes profissionais opunham-se à visão "biocêntrica" exclusiva de conservação do meio natural, pois entendiam o sistema natural como algo composto de elementos "não vivos" e elementos "vivos".

Tabela 1 – Comparativo da quantidade de trabalhos publicados em revistas científicas e livros no período 1998-2018 com as palavras-chave *biodiversity* e *geodiversity*.

Ano	N° Artigos - *Biodiversity*	N° Artigos - *Geodiversity*
03/2018	5.551	50
2017	11.187	65
2016	11.055	48
2015	9.641	44
2014	8.319	42
2013	8.334	41
2012	6.588	23
2011	5.820	15
2010	5.016	10
2009	4.736	5
2008	4.192	8
2007	3.955	4
2006	3.358	9
2005	2.897	11
2004	2.407	7
2003	2.227	2
2002	1.719	2
2001	2.035	2
2000	1.389	0
1999	1.105	0
1998	1.071	2

Fonte: http://www.sciencedirect.com/ acesso em: 10/05/2017 e 29/03/2018

Assim, o conjunto biodiversidade/geodiversidade possibilitaria uma abordagem holística para se compreender o meio natural, gerando estratégias para a conservação da diversidade natural (Sharples, 2002). Talvez não por coincidência, o termo geodiversidade tenha ganhado a atenção desses geocientistas após a Cúpula da Terra, promovida no Rio de Janeiro, em 1992, pelas Nações Unidas, com o objetivo de debater a temática meio ambiente quase que restrita à biodiversidade (Gray, 2005). Após uma década, Sharples (2002) fez uma compilação dos trabalhos produzidos por geocientistas sobre a temática geoconservação e a publicou em meio digital, *Concepts and principles of geoconservation*, que se hospedou no servidor da *Tasmanian Parks e Wildlife Service.*

Atualmente, os termos geodiversidade, geoconservação e geoturismo vêm ganhando notoriedade internacional e nacional. Isso, porque o reconhecimento das características do patrimônio natural e cultural e seu gerenciamento sustentável são hoje aceitos como funções importantes na sociedade. Engering & Barron (2007) ressaltam que a importância do alcance e da diversidade das características da geodiversidade de qualquer área é uma faceta tão importante do seu patrimônio natural quanto os interesses da vida selvagem. A conservação, o manejo sustentável, o uso educacional e a interpretação da geodiversidade são tão cruciais quanto a biodiversidade ou a arqueologia.

Conceitos associados à geodiversidade, como o geoturismo, desencadeiam estudos e práticas que favorecem o desenvolvimento econômico por atrair turistas para visitação de geossítios, trilhas interpretativas e geoparques, com valores cênicos, históricos e/ou culturais.

Considerando-se algumas motivações que contribuíram para o desenvolvimento da temática geodiversidade, tais como as preocupações na preservação da diversidade natural e a Rio-92, indica-se a seguir a evolução conceitual dos referidos termos e o seu entendimento de pesquisadores dedicados às geociências

> "Geodiversidade é a variação do substrato rochoso, depósitos superficiais, formas do terreno e processos geológicos como os vulcânicos, glaciais, fluviais, litorâneos e outros" (Johansson *et al*., 2000).

Stanley (2000), partindo de uma visão mais sistêmica, apresenta uma visão mais ampla do conceito. Assim, geodiversidade pode ser definida como "a variedade de ambientes geológicos, fenômenos e processos ativos que modelam a paisagem, as rochas, minerais, fósseis, solos e outros depósitos superficiais que sustentam e servem de base para a vida na Terra". Esta definição foi adotada pela *Royal Society for Nature Conservations*, do Reino Unido.

Nieto (2001) constata que, etimologicamente, o termo geodiversidade designa a diversidade geológica, isto é, a variedade de elementos geológicos associada a uma região. Portanto, o termo pressupõe distribuição da variedade de algo no espaço. Assim, nos estudos sobre geodiversidade de uma área, é preciso definir a escala espacial em local, regional ou global.

A Comissão do Patrimônio Australiano, em 2002, amplia a definição de geodiversidade entendendo que nela estão incluídos os registros de fases de transformação da Terra, chegando à seguinte definição: geodiveridade é "a variedade natural (diversidade) de recursos, conjuntos, sistemas e processos geológicos (substrato rochoso), geomorfológicos (forma de relevo) e do solo. A geodiversidade abrange evidências da vida anterior, ecossistemas e ambientes na história da Terra, assim como uma variedade de processos atmosféricos, hidrológicos e biológicos que agem atualmente sobre as rochas, formas de relevo e solos (Australian Heritage Commission, 2002).

Murray Gray, pesquisador do Reino Unido, escreve o livro que tem sido a referência mundial sobre o tema: *Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature* (Gray, 2004). O vasto referencial teórico consolida-o como obra seminal sobre o tema. Os temas que mais aparecem remetem à área das ciências ambientais,

ciências da Terra e planejamento territorial e patrimonial. Gray define geodiversidade como

> "a diversidade geológica (rochas, minerais, fósseis), geomorfológicos (relevo, processos) e características do solo. Inclui seu conjunto, relações, propriedades, interpretações e sistemas".

Serrano e Ruiz-Flaño (2007) definem como

> "a variabilidade da natureza abiótica elementos litológicos, tectônicos, geomorológicos, do solo, hidrológicos, topográficos e físicos na superfície terrestre e nos mares e oceanos, bem como os sistemas gerados por processos naturais, endógenes, exógenes e humanos, diversidade de partículas, elementos e locais."

Ruban (2010) considera a geodiversidade como ideia vital para o gerenciamento do patrimônio geológico e, portanto, requer uma definição apropriada. O autor observa que o conceito de geodiversidade tem sua maior expressão nos geossítios e a soma deles no território pode indicar, de forma numérica, a geodiversidade, sua riqueza (georriqueza) e abundância (geoabundância), bem como a sua perda. Para Knight (2011), torna-se necessária uma definição completa, não apenas exige que se identifique o número de sítios geológicos e os classifique por níveis de importância (global, regional e local), como também requer outros critérios de inclusão, tais como aspectos das propriedades geológicas do local, sua configuração física, incluindo atributos da subsuperfície e submarino, bem como o contexto ecológico, social, cultural e econômico. Knight justifica a importância de se considerar esses outros itens afirmando que a localização de sítios geológicos, dentro deste contexto de paisagem mais amplo, proporciona a conservação do local e, subsequentemente, a preservação do patrimônio geológico, o que é muito mais efetivo e relevante para as políticas públicas e o planejamento.

Ruban (2011) admite que é relevante a existência de multiplicidade de pontos de vista em estudos sobre geodiversidade, porque, como argumenta, embora a avaliação de cada patrimônio regional possa envolver contextos paisagísticos, culturais, históricos e outros, bem como a percepção humana de objetos naturais, uma avaliação do número de tipos de sítios do patrimônio geológico (não o número de geossítios), é essencial, pois mede o número de fenômenos geológicos representados regionalmente.

Ruban ressalta a importância de existir métodos de avaliação da geodiversidade.

Pode-se constatar que, nessas definições de geodiversidade, há elementos em comum como as diversidades geológicas, geomorfológicas, dos solos e seus processos que caracterizam e estruturam a paisagem.

Para melhor delimitação espacial, Alexandrowicz e Kozlowski (1999) propõem que a geodiversidade deve ser analisada apenas na superfície terrestre, desconsiderando os elementos subterrâneos, como cavernas e aquíferos. Há quem discorde. Artefatos arqueológicos e fauna que existiam em épocas pretéritas e foram soterrados ou as paleopaisagens formadas, por exemplo, pela interação de processos geomorfológicos e antrópicos, que também foram recobertas, devem ser incluídas nas avaliações de geodiversidade (Knight, 2011).

Para Forte (2014), há outros aspectos, de caráter subjetivo, como a relação de geodiversidade e a ação humana, que altera o relevo e o molda conforme valores econômicos. Carcavilla *et al.,* (2008) e Pereira *et al.,* (2013) entendem, porém, que isso pode trazer problemas práticos e conceituais, razão pela qual propõem que a definição do conceito de geodiversidade não deve sair do âmbito da natureza abiótica, porque o fator humano traria grande complexidade ao modelo. Por outro lado, há pesquisas como a de Nascimento, (2016), que considerou a variável *formas antropogênicas* na quantificação da geodiversidade. Possivelmente, essa abordagem que considera as intervenções antrópicas no ambiente deve ser testada em trabalhos em escala local, podendo contribuir para os estudos ambientais.

Geopatrimônio e geoconservação

Desde a década de 1990, a comunidade científica vem desenvolvendo o conceito de geodiversidade para diversos usos práticos, como conservação e gestão do território e do patrimônio geológico. Foram desenvolvidas mais pesquisas sobre a conservação e valorização da geodiversidade em escala local (geossítio) do que para escalas amplificadas (paisagem), como a de Forte (2014). Houve debates sobre o que deveria ser conservado. Em síntese:

> [...] de um lado, os fundamentalistas que pretendem conservar tudo o que, para eles, apresente algum tipo de valor. Do outro, aqueles que pretendem conservar apenas os expoentes máximos da geodiversidade [...] como é impossível conservar toda geodiversidade, a geoconservação só deve ser concretizada depois de um apurado trabalho de definição daquilo que deve ser considerado como patrimônio geológico [...] (BRILHA, 2005, p. 52).

Conservar implica sempre investir recursos humanos e financeiros — às vezes, investir bastante. Portanto, há que avaliar, selecionar, priorizar e dosar as iniciativas de geoconservação. Esse processo terá sempre uma componente subjetiva, mas existem ferramentas que permitem diminuir o grau de subjetividade da decisão (Mantesso-Neto, 2008).

As questões que envolvem o conceito de patrimônio geológico são complexas porque incluem outros aspectos, além dos acadêmicos, como legislação, áreas com algum tipo de proteção do Estado, eventuais conflitos de interesse nessas áreas preservadas como pressões para exploração (Mantesso-Neto, 2008). Neste sentido, foram desenvolvidos e aprofundados conceitos-base.

Geoconservação pode se definir como:

> A conservação da diversidade de feições geológicas (substrato rochoso), geomorfológicas (formas de relevo) e pedológicas, incluindo suas combinações, sistemas e processos, em função dos seus valores intrínsecos, ecológicos e patrimoniais (SHARPLES, 2002, p. 6).

O objetivo da geoconservação é a conservação e gestão do patrimônio geológico e seus processos naturais; Para Brilha (2005), o patrimônio geológico, define-se como: "o conjunto de geossítios (ou locais de interesse geológico) inventariados e caracterizados de uma dada região". Os geossítios são locais com delimitação geográfica definida e onde estão presentes elementos da geodiversidade com valor científico singular (Brilha 2015). Aqueles sítios que apresentam elementos da geodiversidade com valor pedagógico, cultural e turístico são denominados sítios da geodiversidade

Em síntese, geodiversidade é a qualidade a ser conservada; geoconservação é o esforço para fazê-lo, e patrimônio geológico contempla exemplos concretos daquilo que foi interpretado como tendo importância de conservação (Gray, 2004).

Um aspecto crucial que as análises históricas e de evolução dos conceitos normalmente não consideram é a maneira pela qual os conceitos saem do campo retórico para o aplicado e como eles podem e devem ser transformados em métodos de investigação. Este é o objeto do tópico a seguir.

Abordagens metodológicas nos estudos da geodiversidade

O conceito de geodiversidade foi pensado inicialmente como análogo ao de biodiversidade (Gray, 2004; Serrano e Ruiz-Flaño, 2007; Brilha, 2005; Carcavilla *et al.*, 2008). Por conseguinte, teria uma importância similar e vinculada às práticas conservacionistas para biodiversidade, tanto em nível político quanto acadêmico.

Com a valorização da conservação do meio natural no âmbito na natureza abiótica, o conceito de geodiversidade foi adquirindo importância para diversas aplicações nas áreas de Geociências (Sharples, 2002; Gray, 2004).

As metodologias desenvolvidas partiram da premissa holística, segundo a qual o ambiente deve ser conservado como um todo, o que justificaria, portanto, os esforços em contemplar a "metade esquecida da conservação da natureza" (Sharples, 2002, p. 1). Os esforços na conservação da geodiversidade adquirem importância a partir de sua valorização, donde as propostas de Sharples (2002) e Gray (2004).

Sharples (2002) propõe três categorias de valores da geodiversidade: **intrínseco**, **ecológico** e **patrimonial**. O valor **intrínseco** significa a existência de uma coisa tendo valor por ela mesma, e não em razão de algum propósito externo em seu uso. Esta categoria permite entender que certas coisas não precisam da aprovação humana para justificar sua continuidade. O valor **ecológico** pode ser entendido como a necessária manutenção dos processos físicos, posto serem ligados sistemicamente aos processos biológicos. Entender este valor é a chave para se propor uma conservação integrada dos meios abióticos e bióticos. O valor **patrimonial** é determinado por uma visão antropocêntrica, cuja proteção se justifica à medida que a geodiversidade é valiosa por suportar a vida e necessidades dos humanos (Sharples, 2002).

Gray (2004) propõe que a diversidade abiótica pode ser considerada como **intrínseca**, **cultural,** ou seja, pela influência de elementos abióticos sobre tradições e costumes das comunidades humanas, valores **estéticos** ou **cênicos** devido ao impulso de contemplação de paisagem, e outras motivações humanas que os façam interagir com o meio abiótico, valores para o meio **científico-educacional**, por exemplo, para a compreensão da história da Terra, e o valor **funcional**, que pode ser entendido como substrato indispensável ao ecossistema e, por conseguinte, a vida no planeta.

A atribuição de valores para os elementos do meio abiótico é parte essencial no que concerne à geodiversidade, porque é a partir do reconhecimento de seus valores que se baseiam as estratégias da geoconservação. Para Brilha, (2005) o fato de algo natural ter valor para a sociedade justifica os esforços em conservá-lo e protegê-lo. Logo, a intenção de conferir qualidade a elementos naturais é uma perspectiva antropocêntrica, que considera a natureza como fonte de recursos para a sobrevivência humana (Pereira, 2010; Pereira e Brilha, 2012).

De acordo com Forte (2014), o conceito de geodiversidade permite uma gama de aplicações porque não se restringe apenas a um conjunto dos elementos abióticos, já que possui uma dimensão temporal, ou seja, liga diferentes processos naturais e humanos a diferentes escalas de tempo.

A geodiversidade tem sido utilizada sob a égide da geoconservação como princípio fundamental para a conservação de elementos abióticos. O meio abiótico, seu conjunto e suas relações sintetizados em um único termo possibilitam sua incorporação nas políticas públicas de desenvolvimento sustentável (Gray, 2004). Pode-se dizer que este é um paradigma de consolidação voltado à sustentabilidade (Pereira, 2010; Jorge e Guerra, 2016).

A avaliação e quantificação da geodiversidade despontam como um dos importantes desafios do século XXI. Numa perspectiva integradora, os métodos de avaliação e quantificação da geodiversidade têm por base a transposição didática dos métodos oriundos da ecologia aplicada ao meio abiótico, tais como os cálculos de diversidade como riqueza, frequência e distribuição dos elementos e processos, usando operadores matemáticos (Martínez *et al.*, 2008).

Xavier da Silva e 2004 foi pioneiro em quantificar a geodiversidade, utilizando sistemas de informação geográfica (SIG) para criar um modelo para inferir a relação entre biodiversidade e geodiversidade a fim de indicar áreas de maior biodiversidade. O conceito também ganha destaque em outros trabalhos teóricos

aplicados aos estudos em ecologia, como os de Santucci (2005), Bruschi (2007) e Katerina e Dusan (2008), na mod

elagem da geodiversidade; como estratégia para gestão costeira, de Martins *et al.,* (2015), e a avaliação e quantificação da geodiversidade aplicada à questão ambiental (Santos *et al*., 2017).

Metodologias para avaliação da geodiversidade foram desenvolvidas com bases em métodos quantitativos e qualitativo; os quantitativos deram um viés mais integrador no âmbito conceitual, posto que incluíram outros elementos abióticos (Kozlowski [2004]; Carcavilla Urqui *et al.,* [2007]; Serrano e Ruiz-Flaño [2007]; Serrano *et al.,* [2009]; Jackova e Romportl [2008]; Benito-Calvo *et al.,* [2009]; Zwolinski [2009]; Hjort e Luoto [2010, 2012]; Pellitero *et al.,* [2011]; Manosso [2012]; Pereira *et al.,* ,[2013]; Silva *et al.,* [2013, 2015]; Forte [2014]; Forte *et al*., [2018]; Melelli [2014]; Argyriou *et al*., [2016]; Nascimento [2016]; Araújo e Pereira [2016]). Vários métodos quantitativos basearam-se em Serrano e Ruiz-Flaño (2007).

Abordagens provenientes de Métodos de Quantificação da Biodiversidade

O termo biodiversidade foi popularizado por Wilson (1988) e ampliado a partir da Rio-92 (Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento). Uma definição objetiva de biodiversidade para os propósitos deste texto é *a* variedade de todas as formas de vida e toda a sua amplitude. Esta diversidade biológica pode ser analisada em múltiplas escalas.

Sobre as medidas de biodiversidade, Magurran (1988) observa: "À primeira vista, a diversidade parece ser um conceito muito simples e inequívoco. Então, onde há espaço para tantos índices concorrentes?". Magurran (1988) afirma que como as medidas de biodiversidade estão baseadas nos fatores riqueza de espécies e

uniformidade, cada índice que se proponha a medir diversidade irá depender do peso e ponderação relativos atribuídos à riqueza e uniformidade. Para Cousins (1991), o número de variáveis nos cálculos e o peso de cada variável dependem dos objetivos de estudo e que, a depender da interpretação ou escolha dos índices, pode-se chegar a resultados paradoxais.

Ricklefs (1990) diz ser comum a utilização do termo diversidade associado à ideia de riqueza de espécies. Isto é, riqueza seria o número absoluto de espécies presentes na comunidade numa determinada área. No entanto, é preciso considerar não apenas número e composição de espécies, mas também o quanto uma espécie é comum em relação às outras, relação que é calculada pela abundância relativa. Pelo fato de que existem espécies mais comuns e mais raras, deve-se considerar a razão da abundância das espécies. Isso possibilita as definições de equitabilidade ou uniformidade (*evenness*) e dominância.

Para melhor entendimento, pode-se utilizar as espécies presentes em agosto em lagos salobros costeiros do Rio Grande do Sul. A figura 1 ilustra os conceitos de uniformidade e riqueza de espécies com base em Magurran, (1988). O conceito de diversidade e riqueza de espécies de aves lacustres pode ser exemplificado comparando-se as aves existentes nos lagos 1 e 2; o lago dois é mais diverso e com maior riqueza, pois possui duas espécies enquanto o lago 1 tem apenas uma espécie. Os demais lagos não mostram diferença na riqueza de espécies. O lago 3 possui três espécies de aves, com duas dezenas de espécimes cada. O lago 4 também possui três espécies de aves cuja contagem de espécimes alcança um total de 6 dezenas. No entanto, no lago 4, uma espécie é particularmente abundante, apresentando 4 dezenas de indivíduos, sendo as duas espécies pouco comuns (mais raros que no lago 3) com apenas dez indivíduos cada espécie. Assim, embora o lago 3 tenham números iguais de espécies e indivíduos quando comparado com o lago 4, ele tem maior uniformidade,

o que o torna mais diversificado. Enfim, a alta uniformidade, que ocorre quando as espécies são iguais ou virtualmente iguais em abundância, é convencionalmente equacionada com alta diversidade. Por conseguinte, é possível dizer que medidas de diversidade, a partir da riqueza, podem enfatizar a ponderação de espécies incomuns (raridades de espécies) ou se enfatizar a partir da dominância (ponderação para espécies abundantes) (Magurran, 1988).

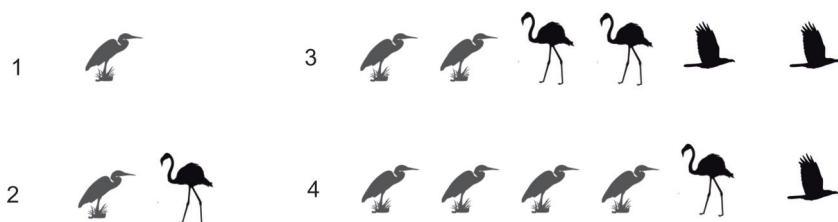



Figura 1 – Exemplo teórico para ilustrar os conceitos de riqueza e uniformidade de espécies de aves em lagos salobros da costa do Rio Grande do Sul. Nos lagos 1, 2, 3 e 4 a quantidade de espécies de aves, e de espécimes de cada ave é diferente. Cada figura de ave representa uma dezena de indivíduos."
Fonte: *Magurran, (1988).* Nota: Nos locais A, B, C e D a quantidade de espécies e de espécimes de borboletas é diferente.

As medidas aplicadas à biodiversidade podem ser divididas em três categorias principais. Primeiro, os índices de riqueza de espécies, os quais são essencialmente uma medida do número de espécies em uma unidade de amostragem definida. Em segundo lugar, os modelos de abundância de espécies, que descrevem a distribuição de suas abundâncias (Magurran, 1988).

Os modelos de abundância de espécies vão desde os que representam situações onde há alta uniformidade até aqueles que caracterizam os casos em que as abundâncias de espécies são muito desiguais. A diversidade de uma comunidade pode, portanto, ser descrita referindo-se ao modelo que fornece o melhor ajuste ao padrão observado de abundância de espécies.

Se for necessário um único índice de diversidade, um parâmetro de uma distribuição apropriada pode ser usado. Índices baseados nas abundâncias proporcionais de espécies formam o grupo final. Nessa categoria surgem os índices como os de Shannon e Simpson, que buscam reunir riqueza e uniformidade em uma única figura (Magurran, 1988).

Sobre esses últimos índices citados, os ecólogos fizeram adaptações baseadas em modelos de diversidade derivados da Teoria Matemática da Comunicação, proposta por Shannon (1948). O índice de diversidade de Shannon pressupõe que os indivíduos são colhidos aleatoriamente a partir de uma população "indefinidamente grande" (isto é, efetivamente infinita), conforme Pielou (1975). O índice, ao admitir também que todas as espécies estão representadas na amostra, É calculado a partir da equação 1. Assim:

Equação 1. Índice de Diversidade de Shannon (H')

$$\mathbf{H'} = -\sum_{\mathbf{i=1}}^{\mathbf{S}} \mathbf{pi\ ln(pi)} \qquad (1)$$

Onde: S = número total de espécies; pi = abundância relativa da espécie i.

O índice de diversidade de Shannon também tem sido aplicado a outros problemas, como a classificação da cobertura do terreno na área de pesquisa conhecida como ecologia da paisagem (ver trabalhos de Ibañez *et al.,* [1995]; Yabuk *et al.,* [2009]; Malinowska & Szumacher [2013]). A partir da ecologia, foi possível transpor este conhecimento, por exemplo, à variável 'espécies', equivalente à 'classe de cobertura do terreno', e os mesmos conceitos se aplicam (Ibañez e Bockhein, 2013). Ou seja, para os processamentos de dados são trocados os tipos de entidades.

Outro índice de heterogeneidade é conhecido como medida de dominância, uma vez que são ponderadas em relação às

abundâncias das espécies mais comuns, em vez de fornecer uma medida da riqueza de espécies. O índice de Simpson (ou dominância de Simpson "D") é o mais conhecido. Simpson (1949) considerou a probabilidade de quaisquer dos indivíduos aleatórios de uma comunidade infinitamente grande pertencente a diferentes espécies, como:

Equação 2. Dominância de Simpson (D)

$$\mathbf{D} = \sum \mathbf{pi}^2 \qquad (2)$$

Onde: pi = a proporção de indivíduos nas espécies i. Para calcular o índice, o formulário apropriado para uma comunidade finita é usado:

Equação 3. Dominância de Simpson

$$\mathbf{D} = \sum_{\mathbf{i=1}}^{\mathbf{S}} \left(\frac{\mathbf{ni(ni-1)}}{\mathbf{N(N-1)}} \right) \qquad (3)$$

Onde: n = o número de indivíduos de cada espécie. N = o número total de indivíduos.

À medida que D aumenta, a diversidade diminui e, portanto, o índice de Simpson é geralmente expresso como 1-D ou 1 / D. O índice de Simpson é fortemente ponderado em relação às espécies mais abundantes na amostra, sendo menos sensível às espécies raras.

Do mesmo modo que os índices de biodiversidade são derivados da Teoria Matemática da Comunicação, os índices de geodiversidade usaram como fonte os índices utilizados na biodiversidade. Segundo Carcavilla *et al,.* (2008) e Forte (2014), os índices de diversidade mais aplicados para quantificação da geodiversidade são os de Shannon & Weaver (1949), utilizados com adaptação do índice de diversidade por Serrano e Ruiz-Flaño,

(2007), e os índices de diversidade e uniformidade de Simpson (1949), utilizados por Cushman *et al.,* (2008). Benito-Calvo *et al.,* (2009) utilizaram os índices de uniformidade de Shannon e diversidade de Simpson.

Os estudos em geodiversidade avançaram principalmente nos métodos diretos, isto é, produtos que indicam e compõem de forma direta um modelo como mapas temáticos de geologia, geomorfologia etc. (Pellitero *et al.*, 2014) e qualitativos (Zwolinski *et al.*, 2018). Há ainda grande lacuna nos métodos indiretos, aqueles cujos produtos podem compor um modelo de avaliação da geodiversidade de forma indireta como a rugosidade, orientação de vertentes e outros (Pellitero *et al.,* 2014) e quantitativos, sobretudo, nas adaptações de medidas da biodiversidade para a geodiversidade. Não obstante, já é notável uma aplicabilidade maior da quantificação baseada no conceito de riqueza de espécies (Pellitero *et al.,* 2014). Outras medidas de diversidade como as de uniformidade e dominância devem ser testadas e aprimoradas no âmbito das geociências.

Métodos de quantificação da geodiversidade

Se comparados aos métodos quantitativos da biodiversidade, os métodos de quantificação da geodiversidade estão em fase inicial (Serrano e Ruiz-Flaño, 2007; Pellitero, 2012). Além disso, pode se perceber que na temática geodiversidade os trabalhos se concentram na componente qualitativa (Serrano e Ruiz-Flaño, 2007). Por isso, ainda não foi sistematizado um modelo que avalie todos os componentes da geodiversidade (Gray, 2004). Com efeito, trabalhos vêm sendo realizados com o auxílio das geotecnologias visando propor soluções e abrir novos campos de investigação.

Na Figura 2 são mostrados os principais tipos de métodos de avaliação da geodiversidade. Pode-se considerar que os métodos

quantitativos fazem uso dos sistemas de informação geográficas. Nota-se também a necessidade de desenvolver uma semântica universal para esta temática (Zwolinski *et al.*, 2018), bem como motivações para pesquisas ontológicas, de modo a estimular o debate e fazer o tema avançar.

Os tipos de avaliação da geodiversidade são três. O **primeiro**, qualitativo, utiliza métodos diretos; o **segundo**, métodos indiretos quantitativos com ferramentas SIG; o **terceiro** baseia-se em métodos híbridos, isto é, conciliam métodos diretos e indiretos para construção de seus modelos de avaliação da geodiversidade. Estes últimos tendem a crescer conforme se avançam as pesquisas nesta área (Zwolinski *et al.*, 2018).

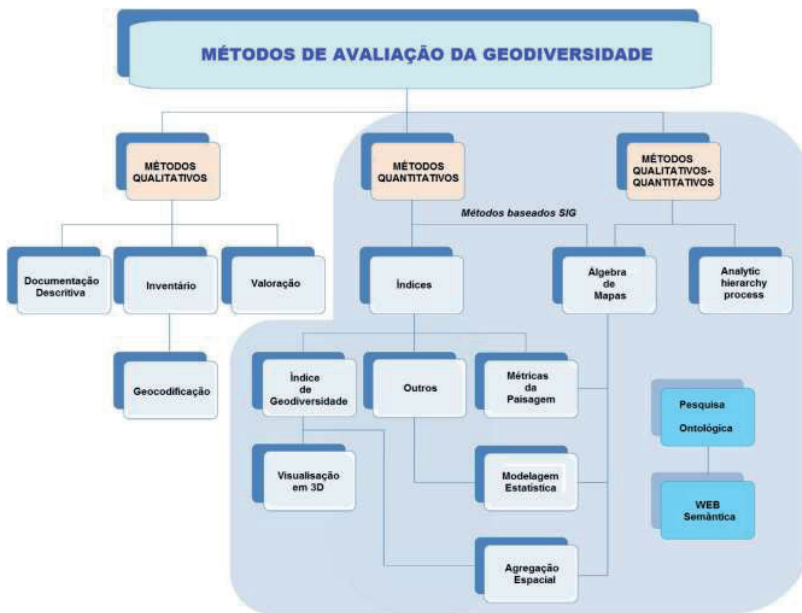



Figura 2 – Tipologias dos métodos de avaliação da geodiversidade
Fonte: Zwolinski *et al.*, (2018), adaptado por Torlay (2018).

Método Carcavilla *et al*., (2007)

Baseando-se nos estudos de quantificação da diversidade biológica, os autores elaboraram a avaliação da geodiversidade por meio da frequência (abundância) e da distribuição dos elementos geológicos. Ainda que o método proposto não tenha sido testado na prática, seu fundamento teórico serve de referência para outros modelos. Os autores recomendam padrões a ser considerados na quantificação, como: delimitação da **área de estudo** (administrativos, geológicos, biogeográficos e outros), esclarecendo que a delimitação seja feita a partir da geologia; **escala apropriada**, que influi na escolha da tipologia dos elementos a ser quantificados (escolha dos elementos físicos) e a representação da geodiversidade em **linguagem cartográfica**.

São considerados três aspectos importantes para a análise da geodiversidade: a variedade geológica de um território; a relação entre os elementos que definem essa geodiversidade; o valor dessa geodiversidade e a sua relação com o patrimônio geológico.

Na análise da geodiversidade podem ser usados parâmetros para quantificação, diagnóstico e a comparação dentro da unidade de análise. Os parâmetros são:

1. Abundância: geodiversidade intrínseca (Gi) representa o número de classes presentes na unidade. *Gi* = ***C/S***. Onde ***C*** corresponde ao número de classes existentes na unidade e ***S*** é a superfície, dada em km^2.

2. Intervalo relativo (Ir): Ir = Ic/It. Onde Ic = Intervalo cronoestratigráfico representado na área, It = Intervalo cronoestratigráfico geral considerado na área.

3. Frequência: analisa os parâmetros de distribuição da geodiversidade. Frequência de classe (Fc) – número de vezes que se repete cada classe, relativamente à superfície total. Fc = rc/S. Onde: rc = Número de polígonos dessa classe, S = Superfície

em km². Superfície relativa de cada classe (Sc) – refere-se à área que ocupa a classe relativamente à superfície total, dando valor percentual. Sc = (Sn.100) / S. Onde Sn = Superfície ocupada pela classe n (km²), S = Superfície em km².

4. Distribuição: analisa a organização espacial das classes, definindo o grau de fragmentação (Gf). Gf = r/S. Onde r = Número de polígonos presentes na área de estudo, S = Superfície em km².

Não é comum encontrar trabalhos que apliquem os procedimentos propostos por Carcavilla *et al.*, (2007). Isto é, os trabalhos que se propuseram a quantificar a geodiversidade se limitaram a calcular a quantidade de feições diferentes (riqueza) de determinador elementos abióticos dentro de uma unidade, seja ela unidade de paisagem ou grade regular. De forma inédita, Manosso (2012) calculou igualmente a superfície relativa e a superfície acumulada dos elementos em análise (Forte, 2014).

Método Serrano e Ruiz-Flaño (2007)

A metodologia baseia-se na definição de unidades geomorfológicas e do levantamento de elementos físicos, cálculo do índice de geodiversidade para cada unidade. Ela foi aplicada na região de Tiermas-Caracena, setor sul da província de Soria, Espanha. Os autores consideram que um maior número de elementos (riqueza) corresponde a uma maior geodiversidade. O parâmetro rugosidade do terreno (R) é incluído e representa as variações microclimáticas e topográficas que podem indicar o grau de energia daquele geossistema. Dependendo do terreno, a medida R potencializa a geodiversidade.

Os elementos considerados no modelo são: topografia (energia e rugosidade), geologia (minerais, litologia, os depósitos superficiais, fósseis, tectônica e estruturas), geomorfologia (morfoestruturas, sistemas morfogenéticos, processos, formas de

erosão, formas de acumulação, microformas), hidrologia (estados da água, oceanos, mares, rios, geleiras, fontes, região pantanosa e lagos) e solos (ordens e subordens).

Os autores ressaltam a importância da escolha de escala de trabalho por ser difícil a representação de toda geodiversidade e propõem quatro escalas: no nível de partículas (átomos, moléculas e processos de energia); no nível dos elementos (geomorfológicos, geológicos e solos); no local (geótopos e geossistemas); e na escala de paisagem. A metodologia tem três passos:

1. Análise dos elementos e elaboração do mapa geomorfológico.
2. Criação de unidades geomorfológicas que armazenaram os valores de riqueza da geodiversidade.
3. Valoração das unidades (índice de geodiversidade) a partir da fórmula:

Equação 4. Fórmula do índice de geodiversidade de Serrano e Ruiz-Flaño, (2007).

$$\mathrm{Gd} = \frac{\mathrm{Eg}\ \mathrm{R}}{\ln \mathrm{S}}$$

Onde: *Gd* = Índice de Geodiversidade; *Eg* = Número dos diferentes elementos físicos das unidades; *R* = Coeficiente de rugosidade da unidade; ***S*** = Área superficial da unidade (km²).

O parâmetro *Eg* é calculado através da contagem dos elementos físicos. E a rugosidade corresponde à maior frequência do valor da declividade na unidade.

No Brasil, em escala local, Pereira *et al.*, (2013) adaptaram o método de Serrano e Ruiz-Flaño (2007), aplicando-o à Área de Proteção Ambiental Sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte, MG.

A principal crítica a este método é a supervalorização da geomorfologia incidindo na redundância do elemento relevo na

quantificação da geodiversidade (Pereira, 2013). Apesar disso, a metodologia pode ser utilizada para entender os valores gerados do índice de geodiversidade em correlação com áreas de interesse geomorfológico (Pellitero *et al*., 2011), ou ser utilizada em outros polígonos como unidades de paisagem ou até mesmo em malha municipal (ver trabalho de Pereira, 2017).

Método Benito-Calvo *et al.,* (2009)

A proposta dos autores foi a de comparar várias zonas geodinâmicas da Península Ibérica. Para alcançar o objetivo, desenvolveram em SIG uma classificação regional baseada em processamento de dados morfométricos, morfoclimáticos, geológicos e, de forma indireta, propriedades pedológicas. Com os três mapas gerados, foi feita a operação de união dos vetores, que produziu um único mapa. Com este mapa, foram calculados parâmetros de métricas das paisagens como a densidade de riqueza, índice de riqueza de Shannon, índice de abundância de Shannon, índice de riqueza de Simpson e índice de abundância de Simpson.

Os autores concluíram que os maiores valores dos índices apontavam áreas com maior altitude — no caso, os Alpes. Porém, esclareceram que, dependendo da escala de trabalho e dos critérios de classificação da paisagem, estes índices forneceram uma classificação objetiva da geodiversidade da Península Ibérica.

Método Hjort e Luoto (2010)

Os autores propuseram um método aplicado ao norte da Finlândia com área de 285 km² para se entender as relações geodiversidade-ambiente e geodiversidade-biodiversidade. As etapas são resumidas em:

1. Inventariação e descrição da variação espacial da geodiversidade numa paisagem subártica;
2. Testar e aplicar quatro medidas de geodiversidade: a geodiversidade total, a variabilidade dos processos geomorfológicos, a variabilidade dos elementos e o índice de geodiversidade proposto por Serrano e Ruiz-Flaño (2007);
3. Explorar a relação entre topografia e geodiversidade.

Na escolha dos elementos físicos basearam-se em Gray (2004) e Serrano e Ruiz-Flaño (2007), incluíram elementos da geologia, geomorfologia e hidrologia e excluíram a pedologia e a rugosidade. Foi proposta uma grade de alta resolução 500x500m que permite o cálculo da riqueza de diferentes dados em diferentes escalas cartográficas, sejam mapas ou coletas de campo.

Hjort e Luoto (2012) propuseram o levantamento da geodiversidade sem uso de cartas-base de solo, geologia e geomorfologia. Eles desenvolveram uma metodologia por meio de técnicas de sensoriamento remoto e modelagem digital do relevo, a partir do modelo digital de elevação (MDE). Empregaram algoritmos como o *generalized additive modeling* (GAM) e variação particionada.

Método Pereira *et al.*, (2013)

Neste método os autores afirmam que contemplaram todos os elementos da geodiversidade, sem criar redundâncias na quantificação. O método foi aplicado no estado do Paraná, cuja área é de aproximadamente 200.000 km². A análise espacial utilizada em um sistema de informação geográfico (SIG) se baseia na sobreposição (*overlay*) de uma grade de tamanho 25x25 km nas camadas representativas da geodiversidade (mapas geológico, geomorfológico e pedológico nas escalas 1:500.000 e 1:600.000) para gerar índices parciais em cada quadrícula. A metodologia teve os seguintes passos:

1. Escolha dos elementos físicos representativos da geodiversidade: geologia (estratigrafia e litologia); geomorfologia: unidades morfoestruturais, unidades morfoesculturais, subunidades morfoesculturais, hidrografia; pedologia (ordem e subordem); paleontologia (número de diferentes formações fossilíferas); ocorrências minerais (fontes de energia).
2. Processamento dos índices parciais: Índice geológico; Índice geomorfológico; Índice paleontológico; Índice pedológico; Índice de ocorrências minerais. As feições foram contadas e somadas para cada quadrícula.
3. Para o índice de geodiversidade, foram somados os valores dos índices parciais.
4. Foram criadas classes de intervalos iguais para indicar a intensidade da geodiversidade (muito alto – alto – médio – baixo – muito baixo).
5. Após a classificação do índice, os valores foram interpolados no mapa.

A análise espacial feita por uma grade (*grid*) fornece um resultado sem valorizar elementos específicos e mostra de forma homogênea a distribuição da diversidade de elementos na área de estudo.

Outros métodos

Silva (2015) parte do método Pereira *et al.,* (2013) para entender a influência dos padrões de canais de drenagem e de outros parâmetros da morfologia fluvial como indicador de geodiversidade da bacia do rio Xingu (Pará e Mato Grosso).

Forte (2014) propõe um método modificado de Serrano e Ruiz-Flaño (2007) no qual considera como variáveis estruturantes a geologia, geomorfologia e solos para entender a variação

espacial de elementos abióticos em diferentes territórios, como os casos de Mafra (Portugal) e Morro do Chapéu (Bahia), fazendo análise espacial baseada em operações *overlay* e densidade *kernel* (agregação espacial). O autor conclui ser impossível a comparação de territórios diferentes quando usadas bases cartográficas em escalas diferentes (ver Anexo 4).

Melelli (2014) propõe um novo índice quantitativo para aprimoramento de áreas naturais protegidas, discute a importância de se implementar um modelo imparcial de análise espacial em ambiente SIG para a geodiversidade em diferentes escalas. A autora utiliza método de grade para quantificar a riqueza da região de Umbria (Itália). Nesta direção, propõe um índice de geodiversidade (GI):

Equação 5. Índice de geodiversidade Melelli (2014).

$$\mathrm{GI} = \frac{[(\sum_{\mathrm{i}}^{\mathrm{n}} = 1\ \mathrm{Vi}) + (\sum_{\mathrm{i}}^{\mathrm{n}} = 1\ \mathrm{Gmi})]\ (\frac{\mathrm{Sa}}{\mathrm{Pa}})}{\ln \mathrm{Sa}}$$

Onde: *Vi* (função de variabilidade) é cada fator abiótico que contribui para a definição da geodiversidade com características intrínsecas de continuidade espacial (isto é, litotipos e classes de uso da terra);

Gmi (fator de geomorfologia) é cada fator abiótico que contribui para a definição da geodiversidade com características intrínsecas de descontinuidade espacial (unidades geomorfológicas, formas de relevo);

Sa (superfície) é um dado matricial em que os valores das células refletem a verdadeira área de superfície topográfica;

Pa (área planimétrica) é o quadrado da resolução do Modelo Digital de Elevação (MDE) que representa a superfície topográfica.

Melelli conclui afirmando que seu método obteve um conjunto de dados que classificou a área de estudo em nula, baixa, média e alta geodiversidade — e, principalmente, que é um caminho para

implementação de um modelo computacional para geodiversidade em diferentes escalas, para melhor definição dos elementos de geodiversidade e um procedimento imparcial adequado para determinação automática do índice de geodiversidade.

Argyriou *et al.*, (2016), a partir da classificação geomorfométrica, geológica e climática utilizando SIG, trabalham com álgebra de mapas (*overlay*) e produzem um mapa de geodiversidade da Ilha de Creta (Grécia). De posse das classes de geodiversidade, avaliam a estrutura da paisagem a partir das métricas riqueza, uniformidade, fragmentação e forma das manchas (*patchs*). Concluem que os índices de geodiversidade fornecem informações sobre processos como a deformação neotectônica e erosão/deposição na paisagem, bem como sobre a utilidade destas informações para avaliação do patrimônio geológico, planejamento e gestão de recursos naturais e apontamentos de áreas prioritárias para conservação.

Mais recentemente, Gonçalves *et al.,* (2020) apresentam análises comparativas entre o método descrito por Pereira *et al.,* (2013) e os demais métodos que usam malhas e GIS para quantificar os elementos da geodiversidade (como, por exemplo, Pellitero *et al.,* (2014).

Análises e conclusões

Existem diferentes métodos para cálculo da geodiversidade, alguns dos quais são variações de métodos anteriormente propostos. É inegável a importância da utilização de métodos com base em GIS para avaliar a geodiversidade regional.

A fim de se produzir uma análise mais acurada de dois dos métodos descritos, os de Serrano e Ruiz-Flaño (2007) e de Pereira *et al.,* (2013), foram realizados estudos de geodiversidade

em duas áreas da Chapada Diamantina com a utilização de dados em escalas diferentes. A escolha dessas áreas, no Parque Nacional da Chapada Diamantina e no município de Morro do Chapéu, foi possível pelo fato de ambas já terem estudos de geoconservação, com levantamento de geossítios que, juntamente com suas características culturais, fundamentam propostas de geoparques: Geoparque Serra do Sincorá (Pereira *et al.,* 2017) e Geoparque Morro do Chapéu (Rocha e Pedreira, 2012). Como meta de pesquisa foi avaliado o desempenho das propostas de quantificação da geodiversidade utilizando estatística espacial e análise qualitativa. Além disso, algumas lacunas ou equívocos metodológicos foram apontados, acrescidos de sugestões e recomendações visando à melhora das propostas. Os resultados obtidos não são objeto deste trabalho, mas podem ser encontrados em Torlay (2018).

A utilização destes métodos permitiu as seguintes constatações. Em relação ao método de Serrano e Ruiz-Flaño (2007):

- para áreas com fortes variações de declividade, a inclusão do coeficiente de rugosidade contribui para determinação dos valores do índice de geodiversidade (Gd). Em áreas planas com declividade inferiores a 5° o coeficiente de rugosidade não interfere no valor final;
- verificou-se um paradoxo na fórmula do índice de geodiversidade de Serrano e Ruiz-Flaño (2007) em relação ao uso de *ln* como denominador. Conclui-se que áreas menores que o número de Euler geram índices hipervalorizados, e a depender dos limiares na escala logarítmica, territórios com variação de tamanho entre unidades podem ter o índice de geodiversidade superestimados ou subestimados. Portanto, essa limitação do método estudado traz à luz a importância de se fazer auditoria dos dados antes de incorporá-los à modelagem;
- em relação ao método de Serrano e Ruiz-Flaño (2007) há supervalorização da geomorfologia incidindo na redundância do

elemento relevo na quantificação da geodiversidade, fato também verificado na dissertação de mestrado de Éric Pereira (ver Pereira *et al*., (2013);

- a proposta de usar a rugosidade tem justificativa inerente ao conceito de geodiversidade na visão holística. Entretanto, é uma variável que não se adequa ao conceito de riqueza. Com isso acarreta incertezas ao modelo de avaliação da riqueza da geodiversidade devido à sua natureza conceitual, que implica a supervalorização de terrenos com grandes variações altimétricas. Portanto, gera uma redundância, de ordem geomorfológica, para a composição do modelo de avaliação da geodiversidade.

Quanto ao método de Pereira *et al*., (2013), nota-se que:

- a determinação do índice de geodiversidade pode ser minimizada pela combinação de dois elementos, de que são exemplos "corpos d'água" e "estrutura geológica" em regiões onde há um forte controle tectônico da hidrografia;
- outros elementos abióticos interdependentes que justificam os altos valores dos índices são a litologia, as formas de relevo e os solos;
- a disponibilidade de mapas-base utilizados em diferentes escalas interferem nos índices de valores de geodiversidade e que isto não se dá de modo proporcional em relação ao grau de detalhamento. Por exemplo, para as áreas estudadas, mesmo que a escala ao milionésimo apresente 10 vezes menos níveis de detalhes que a 1: 100.000, há pouca diferença na amplitude destes índices (Torlay 2018);
- não há padronização ou recomendações em relação ao tamanho de grade com a escala cartográfica. No entanto, deve-se usar o cálculo de área mínima mapeável (AMM) como parâmetro em relação ao tamanho mínimo da grade. Portanto, é necessário avançar em estudos que objetivem criar parâmetros cartográficos que envolvam as escalas dos mapas-base com os tamanhos máximos de grade.

De modo geral, em relação às metodologias de quantificação da geodiversidade, a análise cuidadosa dos métodos deve ser realizada, por ser imprescindível para a comunidade científica, pois, além de se tratar de métodos ainda em fase de testes, há ainda carências nas discussões metodológicas, análise crítica adequada e análise de sensibilidade.

Há ainda um enorme campo de pesquisa sobre a temática "quantificação da geodiversidade", principalmente a respeito das adaptações feitas a partir das ciências biológicas. Além da "riqueza" e "abundância", outros conceitos como "dominância", "uniformidade" e "raridade" devem ser aprimorados e incorporados para avaliação da geodiversidade.

Referências

Alexandrowic, Z; Kozlowski, K. From selected geosites to geodiversity conservation. Polish example of modern framework. In: Barettino, D., Vallejo, M. & E. Gallego (eds): Towards the balanced management and conservation of the geologjcal heritage in the new milenium. - Madrid: Sociedad Geolögica de Espana: 52-54. 1999.

Australian Heritage Commission. Australian Natural Heritage Charter for conservation of places of natural heritage significance. **Australian Heritage Commission in association with Australian Committee for IUCN. Sydney**, 2002.

Araujo, A. M.; Pereira, D. Í. A New Methodological Contribution for the Geodiversity Assessment: Applicability to Ceará State (Brazil). **Geoheritage**, p. 1-15, 2016.

Argyriou, A. V.; Sarris, A.; Teeuw, R. M. Using geoinformatics and geomorphometrics to quantify the geodiversity of Crete, Greece. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 51, p. 47-59, 2016.

Benito-Calvo, A; Pérez-González, A; Magri, O; Meza, P. Assessing regional geodiversity: the Iberian Peninsula. **Earth surface processes and landforms**, v. 34, n. 10, p. 1433-1445, 2009.

Bertalanffy, V. L. Teoria geral dos Sistemas. Petrópolis: Editora Vozes, 1975.

Bertrand, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**, n. 13, p. 1-27, 1971.

Bolós, M. C. Problemática Actual de los Estudios de Paisaje Integrado. **Revista de Geografía**, Barcelona, 1981. v. 15, 1-2, p. 45-68.

Brilha, J. Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: a Review. **Geoheritage**, 2015. DOI 10.1007/s12371-014-0139-3

Brilha, J. *Patrimônio geológico e geoconservação:* a conservação da natureza na sua vertente geológica. 1. ed. Braga: Palimage Editores, 2005, 190 p.

Bruschi, V. M. *Desarrollo de uma metodologia para la caracterización, evaluación y gestión de los recursos de la geodiversidad.* Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias – Universidad de Cantabria, Santander, 2007, 263 p.

Bruschi, V. M.; Cendrero, A. Geosite Evaluation; Can We Measure Intangible Values? Il Quaternario, Italian Journal of Quaternary Sciences. 18(1) – Volume Speciale, p. 293-306. 2005.

Carcavilla Urqui, L.; Durán, J. J.; López-Martínez, J. Geodiversidad: concepto y relación con el patrimonio geológico. **Geo-Temas**, v. 10, n. 2008, p. 1299-1303, 2008.

Carcavilla Urqui, L.; López-Martinez, J.; Durán Valsero, J. J. 2007. *Patrimonio geológico y geodiversidade*: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos. Madrid: Instituto Geológico e Minero de España, 2007, 360 p.

Carvalho, H. D. S de. Modelagem espacial do potencial turístico de antigas trilhas garimpeiras na Vila de Igatu, Chapada Diamantina - BA, Dissertação (Mestrado). Programa de Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente – PPGM, Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS, 236 p., Feira de Santana - Bahia, 2008.

Christofoletti, A. *Modelagem de sistemas ambientais*. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

Cousins, S. H. Species diversity measurement: choosing the right index. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 6, n. 6, p. 190-192, 1991.

Coratza, P. & Giusti, C. Methodological proposal for the assessment of the Scientific Quality of Geomorphosites. Il Quaternario, **Italian Journal of Quaternary Sciences**. 18(1) – Volume Speciale, 307-313 p. 2005.

Crofts, R. Promoting geodiversity: learning lessons from biodiversity. **Proceedings of the Geologists' Association**, v. 125, n. 3, p. 263-266, 2014.

Cushman, S. A.; Mcgarigal, K.; Neel, M. C. Parsimony in landscape metrics: strength, universality, and consistency. **Ecological indicators**, v. 8, n. 5, p. 691-703, 2008.

Dantas M. E., Armesto R. C. G., Silva C. R., Shinzato E. 2015. Geodiversidade e análise da paisagem: uma abordagem teórico-metodológica. **Terræ Didatica**, 11(1):04-13.

Eberhard, R. (Ed.). **Pattern & Process:** Towards a Regional Approach for National Estate Assessment of Geodiversity: Report of a Workshop Held at the Australian Heritage Commission on 26 July 1996. Environment Australia, 1997.

Engering, S & Barron, H. F. Doncaster Geodiversity Assessment. British Geological Survey Commissioned Report, CR/07/025N. 139 p. 2007.

Forte, J. P. Brilha, J.; Pereira, D. I.; Nolasco, M.C. p. 205-217. Kernel Density Applied to the Quantitative Assessment of Geodiversity. **Geoheritage**, p. 1-13, 2018.

Forte, J. P. Avaliação quantitativa da geodiversidade: desenvolvimento de instrumentos metodológicos com aplicação ao ordenamento do território**.** Tese (Doutorado) – Escola de Ciências, Universidade do Minho. 2014.

García-Cortés A. ; Carcavilla Urquí L. Documento metodológico para la elaboración del inventario Español de lugares de interés

geológico (IELIG). Version 11, 12-03-2009. Instituto Geológico y Minero de España.

Gonçalves, J; Mansur, K.; Santos, D.; Henriques, R.; Pereira, P. A discussion on the quantification and classification of geodiversity índices based on GIS methodological tests. **Geoheritage**, v. 12, 38. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12371-020-00458-3>. Acesso em: 12 out. 2016.

Gray, M. Geodiversity: developing the paradigm. **Proceedings of the Geologists' Association**, v. 119, p. 287-298, 2008.

Gray, M. Geodiversity and Geoconservation: what, why, and how? **Geodiversity & Geoconservation**, p. 4-12, 2005. Disponível em: <http://www.georgewright.org/223gray.pdf>. Acesso em: 10 out 2016>. Acesso em: 19 set. 2017.

Gray, M. Geodiversity – Valuing and Conserving Abiotic Nature. New York: John Wiley and Sons, 2004.

Guerra, A. J. T; Marçal, M. *Geomorfologia ambiental*. São Paulo: Bertrand Brasil, 2006.

Hjort, J; Luoto, M. Can geodiversity be predicted from space? **Geomorphology,** v. 153, p. 74-80, 2012.

Hjort, J; Luoto, M. Geodiversity of high-latitude landscapes in northern Finland. **Geomorphology**, v. 115, n. 1-2, p. 109-116, 2010.

Ibañez, J. J.; Bockheim, J. G. (Ed.). **Pedodiversity**. CRC Press, 2013.

Ibañez, J. J. De-Abs, S.; Bernádez,. F.; Garcia-Alvarez, A. Pedodiversity: concepts and measures. **Catena**, v. 24, n. 3, p. 215-232, 1995.

Jačková, K. ; Romportl, D. The relationship between geodiversity and habitat richness in Sumava National Park and Krivoklatsko Pla (Czech Republic): a quantitative analysis approach. J. **Landsc Ecol** 1(1):23-38. 2008.

Johansson, C. E. Andersen, S; M. Alapassi. Geodiversity in the Nordic Countries. In: **ProGeo News**. 2000, 1-3 p.

Jorge, M. Do C. O.; Guerra, A. J. T. Geodiversidade, geoturismo e geoconservação: conceitos, teorias e métodos. **Espaço Aberto**, v. 6, n. 1, p. 151-174, 2016.

Katerina, J., Dusan, R. The relationship between geodiversity and habitat richness in Sumava National Park and Krivoklátsko pla (Czech Republic): a quantitative analysis approach. **Journal of Landscape Ecology**, v. 1, n. 1, 2008, p. 23-38.

Knight, J. Evaluating geological heritage: correspondence on Ruban, DA 'Quantification of geodiversity and its loss' (PGA, 2010, 121 (3): 326-333). **Proceedings of the Geologists' Association**, v. 122, n. 3, p. 508-510, 2011.

Kozlowski, S. 2004.The concept and scope of Geodiversity. **Przeglad Geologiczny**, 52:833-837.

Lang, S; Blaschke, T. **Análise da paisagem com SIG**. Tradução de Hermann Kux. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

Lima, F. F. de. Proposta metodológica para a inventariação do patrimônio geológico brasileiro. Tese (Mestrado). Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2008, 90 p.

Magurran, A. E. *Ecological diversity and its measurements*. London: Croom Helm**,** 1988, 179 p.

Malinowska, E.; Szumacher, I. Application of landscape metrics in the evaluation of geodiversity. **Miscellanea Geographica-Regional Studies on Development**, v. 17, n. 4, p. 28-33, 2013.

Manosso, F. C. 2012. . Tese (Doutorado), Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Estadual de Maringá, 183 p.

Mantesso-Neto, V. Geodiversidade, geoconservação, geoturismo, patrimônio geológico, geoparque: novos conceitos nas geociências do século XXI. (2008). Disponível em: CONGRESO%20URUGUAYO/trabajos/123_Mantesso-Neto_ Virginio.pdf. Acesso em: 10 nov. 2017.

Martins, E.; Barboza, E.; Gruber, N. Modelagem da Geodiversidade Costeira: A inclusão de processos ambientais como estratégia para a gestão costeira integrada. III Simpósio Brasileiro de Patrimônio Geológico,"Anais..., Lençóis/BA",432 - 435, 2015, CACD/PPGM/UEFS.

Martinez, E. D., Mondéjar, F. G., Perelló, J. M. M. E Bové, C. de S. La conservación de La naturaleza debe incluir La geodiversidad y El patrimonio geológico como parte del patrimonio natural. **Tribuna de Opinón, Boletín de La sección delEstado Español de EUROPARC**, n.25, Mayo, 2008, 8 p.

Melelli, L. Geodiversity: a new quantitative index for natural protected areas enhancement. **GeoJournal of Tourism and Geosites**, v. 1, n. 13, p. 27-37, 2014.

Nascimento, S. T. Geodiversidade e geomorfologia antropogênica na região das minas de ouro no anticlinal de Mariana, MG. 2016. 88f. Dissertação (Mestrado em Evolução Crustal e Recursos Naturais) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, 2016.

Nascimento, M. A. L. Do; Ruchkys, U. A.; Mantesso-Neto, V. *Geodiversidade, geoconservação e geoturismo*: trinômio importante para a proteção do patrimônio geológico. SBGeo: São Paulo, 2008, 84 p.

Nieto, L. M. Geodiversidad: propuesta de una definición integradora. **Boletín Geológico y Minero**, v. 112, n. 2, p. 3-12, 2001.

Ollier, C. Problems of geotourism and geodiversity. **Quaestiones Geographicae**, v. 31, n. 3, p. 57-61, 2012.

Panizza, M. Geomorphosites: concepts, methods and examples of geomorphological survey. **Chinese science bulletin**, v. 46, n. 1, p. 4-5, 2001.

Pellitero, R. O.. Geomorfología, paleoambiente cuaternario y geodiversidad en el Macizo de Fuentes Carrionas-Montaña Palentina. Tese de Doutorado, 2012. Departamento de Geografia, Universidade de Valladolid, Espanha, 1085 p.

Pellitero, R. González- Amuchastegui, Mj. Ruiz-Flaño, P. Serrano, E. Geodiversity and geomorphosite assessment applied to a natural protected area: the Ebro and Rudron Gorges Natural Park (Spain). **Geoheritage** 3(3):163–174. 2011.

Pellitero R, Manosso FC, Serrano E. Mid- and large-escale geodiversity calculation in Fuentes-Carrionas (NW Spain) and Serra do Cadeado (Paraná, Brazil): methodology and application for land management. **Geogr Ann Ser A Phys Geogr** 97(2):19–235. 2014.

Pereira, E. O.; Ruchkys, Ú.; Pellitero, R. Modelagem da geodiversidade na Área de Proteção Ambiental Sul da região metropolitana de Belo Horizonte – MG. **Geonomos,** 21 (2): 97-101. 2013.

Pereira, E. O. Aplicação dos Índices de Geodiversidade e Clusterização com o uso do K-Means. **Cadernos do LESTE**, 2017.

Pereira, D; Pereira, P.; Brilha, J.; Santos, L. 2013 – Geodiversity Assessment of Paraná State (Brazil): An Innovative Approach**. Environmental Management** 52: 541-552.

Pereira, R. G. F. A. Geoconservação e desenvolvimento sustentável na Chapada Diamantina (Bahia-Brasil). Tese de Doutorado. Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2010, 295 p.

Pereira, R. G. F. A; Brilha, J. B. A inventariação do patrimônio geológico na Chapada Diamantina (Bahia/Brasil). In: 46º Congresso Brasileiro de Geologia. SBG, 2012.

Pereira, R. G. F. de A.; Rocha, A. J. D.; Pedreira, A. J. Geoparque Serra do Sincorá (BA) – Proposta. 2017. Serviço Geológico do Brasil. 90 p.

Pereira, P. J. da S. Patrimônio Geomorfológico: conceptualização, avaliação e divulgação. Aplicação ao Parque Natural de Montesinho. Tese de Doutoramento em Ciências. Universidade do Minho. Braga, PT. 370 p. 2006.

Pielou, E. C. **Ecological diversity**. New York, Wiley Interscience. 165 p. 1975.

Pralong, J. P. A method for assessing tourist potential and use of geomorphological sites. **Géomorphologie: relief, processus, environment**, n.-3, p. 189-196. 2005.

Prochoroff, R. **O patrimônio geológico de Ilhabela - SP: estratégias de geoconsevação.** 2014. Dissertação (Mestrado em Mineralogia Experimental e Aplicada) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. Disponível em: <doi:10.11606/D.44.2014.tde-02102014-091215>. Acesso em: 03 out. 2017.

Ricklefs, R. E. *Ecology*. 3. ed. Freman, United States of America, p. 896. 1990.

Rivas, V.; Rix, K.; Franés, E.; Cendero, A.; Brunsden, D. Geomorphological indicators for environmental impact assessment: consumable and non- consumable geomorphological resources. **Geomorphology** 18(1997), p. 169-182. 1997.

Rocha, A. J. D.; Pedreira, A.J. Geoparque Morro do Chapéu (BA) – proposta. In: SCHOBBENHAUS, Carlos; SILVA, Cassio Roberto da (Org.). Geoparques do Brasil: propostas. Rio de Janeiro: CPRM, 2012. Cap. 4, p. 59-110. 2012.

Ruban, D. A. How diverse should be geodiversity? Reply to Knight "Evaluating geological heritage"(Proc. Geol. Assoc. (2011)). **Proceedings of the Geologists' Association**, v. 122, n. 3, p. 511-513, 2011.

Ruchkys, U. A. 2007. Patrimônio geológico e geoconservação no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: potencial para a criação de um geoparque da Unesco. Tese (Dotorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 211 p.

Russ, B. R. Avaliação do potencial do uso educacional da Gleba Manga do Céu. Dissertação (Mestrado). Programa de Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente – PPGM, Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS, Feira de Santana, BA, 2012, 136 p.

Santos, D. S., Mansur, K.L.; Gonçalves, J.; Arruda, E. A.; Manosso, F.C. Quantitative assessment of geodiversity and urban growth impacts in Armação dos Búzios, Rio de Janeiro, Brazil. **Applied Geography**, v. 85, p. 184-195, 2017.

Santucci, V. L. Historical perspectives on biodiversity and geodiversity. In: The George Wright Forum. George Wright Society, 2005. p. 29-34.

Serrano, E.; González-Trueba, J. J. Assessment of geomorphosites in natural protected areas: the Picos de Europa National Park (Spain)**. Géomorphologie: relief, processus, environnement,** v. 11, n. 3, p. 197-208, 2005.

Serrano E. C.; Ruiz-Flaño P. Geodiversidad: concepto, evaluación y aplicación territorial: el caso de Tiermes Caracena (Soria). **Boletín de la asociación de geógrafos españoles**, n. 45, p. 79-98, 2007.

Shannon, C.; Weaver, W. *The Mathmatical Theory of Information*. Urbana: University of Illinois Press, 1949.

Sharples, C. Concepts and principles of geoconservation. Published electronically on the **Tasmanian Parks & Wildlife Service** website, 2002. Disponível em: <http://dpipwe.tas.gov.au/Documents/geoconservation.pdf>. Acesso em: 20 out. 2016.

Silva, A. C. **Modelagem da Geodiversidade e Identidade como suporte para roteiros geoturísticos: estudo de caso no Geoparque Morro Do Chapéu, Bahia.** Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS, Feira de Santana, BA, 2016, 134 p.

Silva, J. P. Rodrigues, C.; Pereira, D. I. Mapping and analysis of geodiversity indices in the Xingu river basin, Amazonia, Brazil. **Geoheritage**, v. 7, n. 4, p. 337-350, 2015.

Silva, J. P. Pereira, D. I.; Aguiar, A. M.; Rodrigues, C. Geodiversity assessment of the Xingu drainage basin. **Journal of Maps**, v. 9, n. 2, p. 254-262, 2013.

Silva, M. L. N; Nascimento, M. A. L. Os Valores da geodiversidade de acordo com os Serviços Ecossistêmicos Sensu Murray Gray Aplicados a Estudos In Situ na Cidade de Natal (RN). Caderno de Geografia, v. 26, n. 2, p. 338-354. 2016.

Simpson, E. H. Measurement of diversity. **Nature**, v. 163, n. 4148, p. 688, 1949.

Stanley, M. Geodiversity. **Earth Heritage**, v. 14, 2000, p. 15-18. Disponível em: <http://www.earthheritage.org.uk/ehpdf/EH14-2000.PDF>. Acesso em: 30 nov. 2016.

Sotchava, V. B. *O estudo de geossistemas*. São Paulo: IGEOG/USP, 1977. 49 p. (Métodos em questão, 16).

Torlay, R. P. Estudos de métodos quantitativos de geodiversidade e sua aplicabilidade na Chapada Diamantina, BA. Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS, Feira de Santana, BA, 2018, 177 p.

Troll, C. A paisagem geográfica e sua investigação. **Revista Espaço e Cultura**, n. 2, jun.1997. Rio de Janeiro: UERJ, NEPEC, 1997. ISSN 1413-3342. p. 1-7.

Troppmair, H.; Galina, M. H. Geossistemas (Geosystems). Mercator, Fortaleza, v. 5, n. 10, pp 79 a 90, nov. 2008.

UNESCO. Operational guideline for National Geoparks seeking UNESCO's assistance. 2004. Disponível em: <http://www.unesco.org/science/earthsciences/geoparks.htm>. Acesso em: 13 set. 2018.

Wilson, E. O. 1988. The current state of biological diversity. In: E.O. Wilson and F. M. Peter, eds., **BioDiversity**. National Academy Press, Washington, D.C., p. 3-18.

Venturi, L. A. B. A dimensão territorial da paisagem geográfica. Anais do VI Congresso Brasileiro de Geógrafos – AGB, 2004. 11 p.

Xavier da Silva, J. Geodiversity: Some simple geoprocessing indicators to support environmental biodiversity sutdies. **Directions Magazine**, 2004. p. 1-4. Disponível em: <http://www.directionsmag.com/printer.php?article_id=473>. Acesso em: 04 out. 2016.

Xavier da Silva, J.; Persson, V.; Lorini, M.; Bergamo, R.; Ribeiro, M.; Costa, A.; Iervolino; Abdo, O. Índices de geodiversidade: aplicações de SGI em estudos de biodiversidade. In: GARAY, I., Dias, B. (Org.) **Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais.** Prtópolis: Vozes, 2001.

Zouros, N. C. Geomorphosite assessment and management in protected areas of Greece. Case study of the Lesvos island-coastal geomorphosites. **Geographica Helvetica – Swiss Journal of Geography**. Heft-3, p. 169-180. 2007.

Zwolinski, Z.; Najwer, A.; Giardino, M. Methods for assessing geodiversity. In: REYNARD, E.; BRILHA, J. Ed(s). **Geoheritage**. 2018. p. 27-52.

Zwolinski, Z. The routine of landform geodiversity map design for the Polish Carpathian Mts. **Landf Anal** 11:77-85. 2009.

Yabuki, T.; Matsumura, Y.; Nakatani, Y. Evaluation of pedodiversity and land use diversity in terms of the Shannon entropy. **arXiv preprint arXiv:0905.2821**, 2009.

Valor cultural da geodiversidade: Estudo de caso no município De Morro do Chapéu (BA)

Aline Correia da Silva
Marjorie Csekö *Nolasco*
Antônio José Dourado Rocha
Uilliam Disnei de Santana Lima

Introdução

Identidade e geodiversidade são aspectos que, em um olhar rápido, parecem não ter relação. O primeiro está ligado às ciências humanas, o outro, às geociências. No entanto, a história nos mostra que desde os tempos primitivos o homem mantém uma forte relação identitária com os elementos da geodiversidade, pois estes sempre fizeram parte do seu cotidiano: cavernas e grutas usadas como abrigo, ferramentas de caça e pesca produzidas a partir de rochas e minerais, uso do solo e da água para obter alimentos, referências de localização e orientação, vínculos psicológicos de acolhimento, dentre outros. E observa-se que, mais do que usufruir desses recursos como meios de sobrevivência, muitos grupos sociais consideravam e ainda consideram como divindades diversos elementos da natureza.

Consequentemente, essa relação entre a identidade de um povo e a geodiversidade que o circunda muitas vezes não é percebida, por não estar tão explícita, mas é fundamental seu entendimento para compreender como se estabelecem as relações

entre a população e seu meio, principalmente as relações de proteção dos recursos naturais.

Neste momento em que se concebe a proposta do Geoparque Morro do Chapéu (ROCHA e PEDREIRA, 2012), compreender essas questões é imprescindível para aplicabilidade do conceito de geoparque e para o seu sucesso, pois, quando a população se considera parte integrante do meio físico e se identifica com seus recursos, ela o protege.

Por definição, os geoparques são áreas bem delimitadas onde o trinômio geoconservação-geoturismo-educação deve ser integrado, tendo como um de seus pressupostos básicos o envolvimento da população local com as atividades ali desenvolvidas, fortalecendo a identidade e a cultura local. No entanto, há certa carência de trabalhos científicos que analisem a subjetividade suscitada pelo tema, pois compreender as relações de identidade que a população mantém com a geodiversidade requer um olhar minucioso sobre o modo como o indivíduo é influenciado pelo meio físico.

Para atender a premissa de que em um geoparque a população local esteja envolvida no processo de geoconservação e nas atividades de desenvolvimento econômico, bem como contribua para preenchimento da lacuna desta temática, este artigo tem por objetivo geral caracterizar as relações identitárias que se refletem no meio físico, utilizando como estudo de caso aquelas entre a população de Morro do Chapéu e a geodiversidade local, a fim de contribuir para a ampliação dos estudos sobre a proposta do Geoparque Morro do Chapéu.

Área de estudo

A área de estudo proposta contempla o município de Morro do Chapéu e, parcialmente, o município de Várzea Nova,

situados na porção norte da Chapada Diamantina, área central do estado da Bahia, a 394 km da capital baiana. Morro do Chapéu possui área aproximada de 5.920 km² e população estimada, para o ano de 2015, de 36.717 habitantes. Várzea Nova possui, aproximadamente, 1.192 km² e população estimada, para o ano de 2015, de 13.470 habitantes (IBGE, 2010). Como o acesso a alguns sítios requer a passagem por estradas que pertencem a João Dourado, São Gabriel, América Dourada e Bonito, o recorte espacial da área também os abrange parcialmente (Figura 1). A origem do município, segundo Rocha e Costa (1995), remonta às atividades dos bandeirantes pelo interior da Bahia no século XVI.

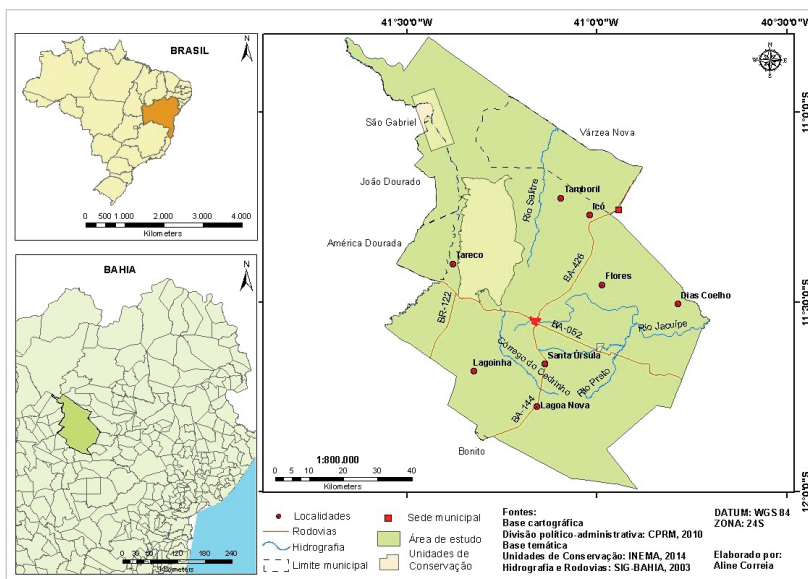



Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo
Fonte: Os Autores

As relações entre identidade e geodiversidade

O termo identidade não é tão simples de ser compreendido e definido. Isto se deve tanto à sua natureza — a própria construção da identidade é algo muito complexo, "um processo que se passa em vários níveis e, portanto, um só aspecto seria insuficiente para expressar sua totalidade" (MOURÃO E CAVALCANTE, 2006, p. 145) — quanto diferentes abordagens das áreas de conhecimento que tratam do tema, como filosofia, psicologia, antropologia e sociologia. Assim, é preciso tratar de "várias" identidades: pessoal, étnica, nacional, cultural, religiosa, local ou territorial, considerando os diversos aspectos que as constituem em diferentes sociedades e a ciência que está abordando o tema.

Para Bauman (2005, p. 17), "identidades são as entidades que definem as comunidades", ou seja, a identidade é constituída por referenciais que nos rodeiam e fazem parte de nossa história, são imagens, símbolos, marcos, sentimentos... Existe, portanto, um patrimônio, não um patrimônio edificado, mas de dimensão imaterial, como um legado que é transmitido por gerações. O patrimônio e a construção da identidade caminham juntos a partir do momento em que os sujeitos atribuem valores aos bens, materiais ou imateriais, que representam seu modo de viver, suas memórias e sua história. Consequentemente, a "valorização dos patrimônios naturais e culturais é importante para a manutenção de identidades específicas, que garantam às pessoas referência do seu lugar" (RUCHKYS, 2007 p. 13).

> O patrimônio imaterial é transmitido de geração a geração, constantemente recriado pelas comunidades e grupos em função de seu ambiente, de sua interação com a natureza e de sua história, gerando um sentimento de identidade e continuidade, contribuindo para promover o respeito à diversidade

> cultural e à criatividade humana. É apropriado por indivíduos e grupos sociais como importantes elementos de sua identidade. (IPHAN, 2015)

Roca e Oliveira (2005) demonstram que "as paisagens são fundamentais para o reconhecimento das identidades territoriais. Suas características, tanto naturais como culturais, constituem-se como os ingredientes essenciais que emergem das formas de registro baseadas na observação". Logo, para compreender como se estabelecem as relações entre a identidade individual ou coletiva com o entorno físico, é necessário conhecer a história local e as atividades desenvolvidas pela população, que vão sendo reproduzidas por gerações, como agricultura, pesca, pecuária e mineração, ou, ainda mais especificamente, o garimpo artesanal.

Menegat (2009) destaca a forte relação existente entre natureza e identidade cultural, ao enfatizar a importância da geologia. O autor cita exemplos de como a cultura humana, ao longo da história, foi influenciada pela natureza, como se abrigar em cavernas; viver em vales, onde havia água e vegetação; ou construir artefatos a partir de seixos de quartzo, e exemplifica que, para além das questões de sobrevivência, o imaginário também era resultado da interação dos elementos da paisagem: os sumerianos viviam na planície aluvial dos rios Tigre e Eufrates, lugar com muito barro (período chuvoso) e pó (período seco), motivo pelo qual, para eles, o homem era proveniente do pó; para os incas, que viviam rodeados por rochas na região no Andes, os humanos derivaram das pedras; para os índios Ticuna, da região amazônica, o homem provinha das árvores. E, assim, o autor vai desenvolvendo a ideia de como a cultura, com todos seus mitos, costumes, lendas e modo de vida, estava intimamente ligada ao meio físico, chegando a sugerir uma *geologia cultural*, isto é, como a geologia interfere na cultura humana.

O conceito de geodiversidade é relativamente recente, data da década de 1990 em estudos sobre conservação geológica

e geomorfológica, tendo mais impulso em 1993, durante a Conferência de Malvern (Inglaterra) sobre Conservação Geológica e Paisagística. Desde então diversos estudiosos discutem e formulam definições para o tema (BRILHA, 2005, 2015; GRAY, 2004; SHARPLES, 1993). Apesar de recente e de possuir diferentes abordagens, há um consenso entre os pesquisadores de que o termo geodiversidade, de forma resumida, compreende os elementos abióticos da natureza.

Alguns desses autores estabeleceram valores para a geodiversidade (BRILHA 2005, 2015; GRAY, 2004), visando a estabelecer uma hierarquização dos elementos que merecem mais atenção quanto à proteção, considerando as variáveis entre os diferentes lugares devido à influência de características locais. Destes, destacamos quando da discussão de identidade em especial:

i) Valor cultural: atribuído pelo homem quando há uma relação de interdependência entre o meio físico e a população. Ex.: lendas e mitos, nomenclatura de locais, religião;

ii) Valor econômico: refere-se à utilização de elementos geológicos para fins econômicos. Ex.: geração de energia (geotérmica, hidrelétrica, nuclear), extração de minerais para indústrias; e

iii) Valor funcional: seja o valor *in situ*, de caráter utilitário para o homem no suporte para realização de variadas atividades, como construção de barragens e aquíferos, ou o valor da geodiversidade enquanto substrato para sustentação dos sistemas físicos e ecológicos na superfície terrestre, como funções do solo e de ecossistemas.

O valor cultural da geodiversidade "reconhece uma forte interdependência entre o desenvolvimento social, cultural e/ou religioso e o meio físico que o rodeia" (BRILHA, 2005, p. 34).

Portanto, evidencia a relação existente entre a identidade de um povo e a geodiversidade local, e, junto com o valor econômico e funcional, remete ao dia a dia, à sobrevivência local de uma comunidade e, pois, à sua identidade.

Logo, partindo dos conceitos de patrimônio imaterial e de valores cultural, econômico e funcional da geodiversidade, entendemos aqui que os elementos da paisagem têm papel fundamental na construção da identidade de um povo. Mourão e Cavalcante (2006) compartilham de pensamento semelhante quando dizem que "as cognições são formadas pelas memórias, ideias, sentimentos, atitudes, valores, preferências e significados relacionados com o ambiente, e que formam o passado ambiental de uma pessoa". É importante também considerar, como assinala Tuan (1980), o elo afetivo entre o sujeito e o lugar. Normalmente, as relações entre geodiversidade e identidade não são percebidas, porque não se mostram tão explícitas, mesmo porque envolvem áreas do conhecimento completamente distintas. Assim, essas relações são mais facilmente entendidas e indicadas por exemplos concretos, como a nomenclatura de muitas cidades, vilas e povoados, que têm seu nome atribuído a algum elemento da geodiversidade local, a exemplo do que se verifica no Brasil, onde existem 146 municípios em cuja grafia o primeiro termo é de origem, Ita (IBGE, 2010), que significa "pedra". Normalmente, esse ato de nomear o lugar (local onde o indivíduo estabelece laços afetivos) de forma análoga a algum elemento da geodiversidade, evidencia que este se tornou uma 'marca' do local.

Esta relação já é observada no município de Morro do Chapéu, em que muitas vilas, povoados e fazendas (na zona rural, muitas vezes o local é conhecido pelo nome de alguma propriedade) possuem seu nome relacionado a elementos da geodiversidade, como exemplos: Pé de Serra, Brejão, Várzea Grande, Ponta d'Água, Cachoeira, Lagoinha, Olho d'Água do Fagundes, Mulungu da Gruta, Lagoa Nova, Fazenda Água Clara, Fazenda Poços Bons, Fazenda Lagoa da Serra, Fazenda Brejão da Gruta, Fazenda Mira Serra.

O que é um geoparque?

Geoparque é uma área de conservação de sítios geológicos importantes para a ciência e a compreensão da Terra; concerne, portanto, ao patrimônio geológico, em que muitos desses sítios são apropriados por populações e comunidades do seu entorno por serem símbolos de sua identidade. Trata-se de uma

> área bem delimitada, onde se conjuga a geoconservação com um desenvolvimento econômico sustentável das populações que a habitam, sem esquecer as ligações com o restante do patrimônio natural (fauna e flora) e cultural (arqueológico, arquitetônico, gastronômico...). (BRILHA, 2012)

Uma das premissas básicas do geoparque é que a população local esteja envolvida no processo de proteção do patrimônio geológico e nas atividades de desenvolvimento econômico, assegurando o desenvolvimento sustentável através do geoturismo e reforçando a identificação da população com sua região, promovendo o respeito ao meio ambiente e estimulando a atividade socioeconômica com a criação de empreendimentos locais, pequenos negócios, indústrias de hospedagem e novos empregos (UNESCO, 2004). Numa palavra, o geoparque é um processo de governança.

Mas como envolver a população nesse processo? Como reforçar a identificação da população com sua região? Consideramos que, para que a população se envolva com o geoparque, compreenda a importância da conservação do patrimônio geológico e reforce sua identidade, é crucial que ela possua uma relação de identidade com a geodiversidade local, pois, quando a população conhece o geossítio, com o qual se identifica, ela o protege. Identificar se a população possui aspectos para se envolver de forma efetiva no

processo, não apenas como coadjuvante, é fundamental para o sucesso do geoparque e a primeira questão a ser observada.

Para além das relações de identidade com a geodiversidade, no geoparque também são reforçadas a identidade e cultura locais, evitando sua perda no processo de geoturismo (BARRETO, 2007). Logo, deve haver ações voltadas para fortalecimento de atividades folclóricas, religiosas, artísticas, crenças e costumes, gastronomia etc., trazendo benefícios tanto para população que mantém suas tradições quanto para o turista que busca conhecer características singulares de cada local, algo muito próximo do chamado turismo de base local.

Aspectos metodológicos

Seleção dos sítios

Para aplicação dessa metodologia foram utilizados 33 sítios da Proposta de Geoparque Morro do Chapéu, 21 dos quais inventariados por Rocha e Pedreira (2012) (Tabela 1).

Levantamento das relações identitárias

A construção da metodologia de caracterização de sítios identitários foi fundamentada na abordagem qualitativa, a qual utiliza mecanismos interpretativos e de descoberta de relações e significados para compreender os aspectos subjetivos da realidade estudada (COSTA, 1997). O estudo de caso foi adotado nesta pesquisa como um método empírico de investigação, bastante utilizado por pesquisadores das áreas de sociologia, antropologia

e psicologia, que permite a compreensão profunda do fenômeno enquanto totalidade. Nas técnicas de investigação empírica, os dados consistem em observações registradas *a priori,* as quais, isentas de análise, serão depois analisadas para efeito de conclusão.

A fim de identificar aspectos que representam o elo entre identidade e geodiversidade, através da literatura e da observação participante, a pesquisa recorreu à bibliografia sobre o município; especificamente, nas áreas de história, geografia e antropologia; a registros históricos e fotográficos, a *websites*, bem como à observação participante e conversas informais. Assim, na área de estudo foram identificados 10 aspectos (Figura 2).

Quantificação dos sítios identitários

Para quantificar o caráter identitário dos sítios foram atribuídos pesos aos referidos aspectos, o que expressa um grau de importância relativa entre eles dentro do conjunto estudado (Tabela 2). A definição dos pesos pode ser efetuada por critérios estatísticos ou de forma empírica, segundo a experiência do pesquisador, sendo esta última a opção utilizada nesta pesquisa. Ou seja, ao observar a manifestação desses aspectos, percebe-se que há uma maior ou menor intensidade entre eles e as pessoas.

Por exemplo, quando se fala de crença religiosa relacionada a um sítio geológico, refere-se a algo que ocorreu especificamente naquele sítio, como uma aparição ou um milagre (comumente atribuídos às grutas), e que fez dele uma forte referência de identidade. Porém, quando se fala de um sítio enquanto referência geográfica, como, por exemplo, um morro, considera-se uma relação identitária menos intensa que a primeira, pois isso é comum em diversos lugares, não sendo algo peculiar apenas àquele local. A soma dos valores pode variar de 1 a 20.

Tabela 1 – Sítios selecionados para analisar relações de identidade

	NOME
1	Gruta dos Brejões
2	Estromatólitos da Fazenda Tanque
3	Arenito Fluvial
4	Escarpa na Fazenda Cristal
5	Gruta do Cristal
6	Planície de Maré (BA-052)
7	Morrão
8	Serra das Palmeiras
9	Carbonatos da Fazenda Colombo (BA-052)
10	Lamito/Arenito Interestratificados (BA-052)
11	Buraco do Possidônio
12	Gruta Barrocão
13	Buraco do Alecrim
14	Planície de Maré (BA-144)
15	Cacheira do Ferro Doido (BA-052)
16	Pedreira Morro do Chapéu (BA-052)
17	Conglomerado (BA-052)
18	Arenito Sigmoidal Fluidizado (BA-052)
19	Fonte Termal do Tareco
20	Duplex em Calcissiltitos
21	Fazenda Arrecife
22	Cachoeira do Agreste
23	Cachoeira Pedro Brabo
24	Buraco da Velha Duda
25	Gruta da Boa Esperança
26	Arenito/Lamito
27	Cachoeira das Boiadas
28	Cachoeira do Tamboril
29	Lagoa da Velha
30	Conglomerado BA-144
31	Cachoeira Domingos Lopes
32	Gruta da Igrejinha
33	Vila do Ventura

Fontes: Rocha e Pedreira, 2012; Silva e Nolasco, 2016

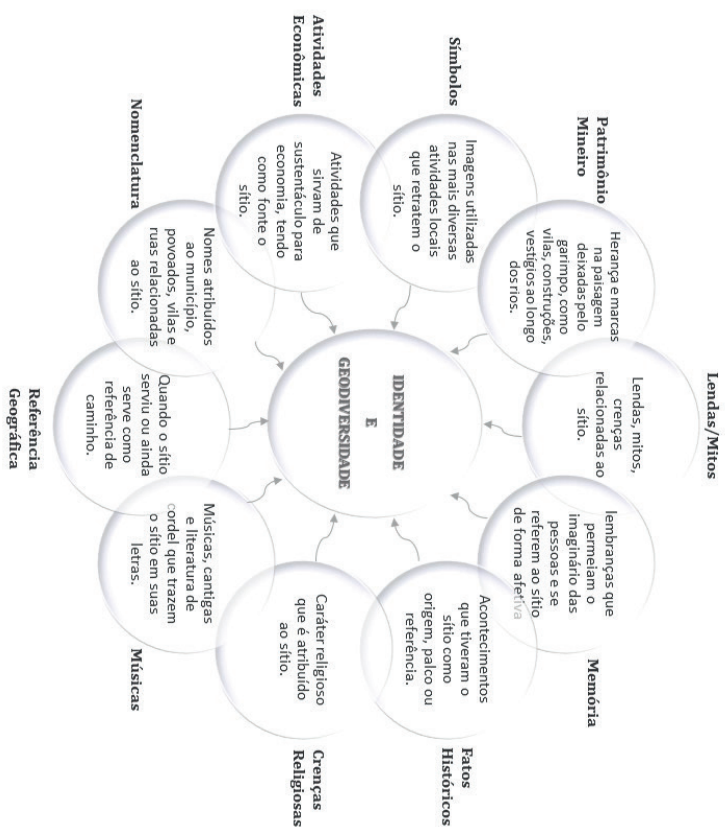



Figura 2 – Aspectos que representam o elo entre identidade e geodiversidade
Fonte: Os Autores

Tabela 2 – Pesos atribuídos aos aspectos identitários

ASPECTOS IDENTITÁRIOS	PESO
Lendas	2
Memória	3
Fatos históricos	2
Crenças Religiosas	3
Músicas	2
Referência geográfica	1
Nomenclatura	1
Atividades Econômicas	3
Símbolos	1
Patrimônio mineiro	2

Fonte: Os Autores

Relações identitárias nos sítios avaliados

Conglomerado BA-052

O afloramento é do tipo Conglomerado Suportado pelos Clastos. Fica situado às margens da BA-052, a 1,3 km da sede municipal, e já está praticamente envolvido pelo crescimento urbano (Figura 3A). Sua importância geológica e histórica está no fato de a referida rocha, também encontrada nas drenagens dos rios Ventura, Ferro Doido e Preto, entre outros locais, ter sido a fonte dos diamantes e carbonatos da região (ROCHA e PEDREIRA, 2012), produtos que foram a base da economia local por 80 anos e responsável pela dinâmica social da época que tem seus reflexos até os dias atuais. É de fácil acesso e possui pinturas rupestres, que, segunda a lenda local, estão associadas à presença de extraterrestres.

Fonte Termal do Tareco

O Tareco é um povoado do município de Morro de Chapéu conhecido como oásis, por possuir um aquífero surgente de água termal em plena caatinga (Figura 3B). Há décadas este geossítio é utilizado pela população local e dos municípios vizinhos como área de lazer. De acordo com a população, a água possui características medicinais. "Originalmente eram utilizados pequenos banheiros cercados com muros de pedras em torno das nascentes. Nos últimos anos a prefeitura construiu um balneário com algumas piscinas" (ROCHA E PEDREIRA, 2012, p. 50).

Fora do balneário há uma fonte onde caminhões-pipa retiram água para distribuir para comunidades vizinhas que sofrem com escassez hídrica. Por ter sido e ainda ser local de veraneio para muitas famílias, o geossítio Fonte Termal do Tareco faz parte da memória e da história de muitos moradores, como relata o Sr. Octaviano Gonçalves de Oliveira, nascido e criado em Morro do Chapéu:

Lembro-me, quando criança, que famílias dos meus colegas sempre iam veranear naquele povoado levadas por tais atrativos, principalmente pelo banho na sua piscina natural protegida por pedras naturais superpostas e localizada junto a uma gameleira, a qual, felizmente, ainda é mantida. Pouco fui ao Tareco e a primeira vez que por lá passei foi quando vinha da América Dourada, depois de passar dias nos tempos dos umbus na fazenda do meu tio Simão. Essa viagem foi no caminhão de feira de Carlos Dourado, que nas sextas-feiras trazia gente da então vila além Vereda para a feira livre em Morro do Chapéu e pelo Tareco passava para pegar feirantes, mercadorias, inclusive galinhas, bodes e carneiros vivos. Lembro-me bem das casas da família do senhor Teotônio Gabriel, que já formavam uma pequena rua, já que a residência desse patriarca e dos seus filhos serem pegadas umas às outras. Depois, mais adiante, algumas vezes lá estive com a minha turma da terceira série ginasial ou para fugir de derrotas ou comemorar vitórias em pleitos para prefeito do município [...] (OLIVEIRA, 2015).

Figura 3A – Afloramento de conglomerados e sua localização
Figura 3B – Balneário do Tareco e sua localização
Fonte: Rocha e Pedreira, 2012

Morrão

Uma das versões sobre a origem do nome de Morro do Chapéu, que até 1838 era denominado Gameleira, remete ao formato do Morrão, um chapéu com abas caídas. O Morrão é uma feição geomorfológica que constitui o ponto mais alto do município, com 1.293m de altitude (Figura 4A). O geossítio tem estreita relação com a história de Morro de Chapéu porque servia de referência geográfica para os desbravadores que vinham do rio Paraguaçu rumo a Jacobina em busca do ouro. A outra versão para o nome do município é que os índios *Paiaiá*, que habitavam a região, prendiam seus cabelos de modo semelhante ao formato de um chapéu, sendo por isso chamados de "índios dos chapéus" (ROCHA E COSTA, 1995).

Lagoa da Velha

A Lagoa da Velha é uma área de relevo ruiniforme e apresenta afloramentos em formato de cogumelos devido à erosão nas bases da rocha arenítica (Figura 4B). Essas bases pouco profundas serviram de abrigo para grupos humanos de população reduzida, que deixaram registros históricos em forma de pinturas rupestres (sistemas gráficos) nas paredes rochosas (ETCHEVARNE, 2007). Seu nome deriva de uma rocha, a qual, segundo os garimpeiros que passavam pelo local e utilizavam os abrigos para descansar, assemelha-se a uma senhora sentada. Outra feição geomorfológica, relevante e singular, presente na Lagoa da Velha, é uma duna, aparentemente, eólica (Figura 4C).

É grande a importância arqueológica da Lagoa da Velha, devido aos inúmeros painéis de pinturas rupestres estudados através do Projeto Circuitos Arqueológicos da Chapada Diamantina, realizado pelo Instituto do Patrimônio Artístico e Cultural da

Bahia em parceria com o Departamento de Antropologia da Universidade Federal da Bahia.

Cachoeira do Ferro Doido

O Monumento Natural Cachoeira do Ferro Doido é um dos atrativos (geo)turísticos mais conhecidos no município (Figura 5A). O termo "Ferro Doido", atribuído por garimpeiros que, entre 1883 e 1930 exploravam diamante e carbonato nos arredores da cachoeira, retrata a dificuldade de se trabalhar na área devido à presença de grandes blocos de arenito sobre o cascalho. Com aproximadamente 98 m de altura, a cachoeira atrai pessoas que buscam, além do contato com a natureza, atividades radicais como rapel e prática de trilhas, tornando-a um símbolo de Morro do Chapéu.

Buraco do Possidônio e Buraco da Velha Duda

Sobre as gigantescas dolinas que compõem um complexo geomorfológico regional, chamam atenção as lendas que permeiam o imaginário dos moradores em torno de suas origens. Uma delas relaciona a origem do Buraco do Possidônio (Figura 5B) e Buraco da Velha Duda (Figura 5C) às visitas de extraterrestres; outra versão correlaciona-os ao impacto de meteoros. São muitos os relatos de manifestações ufológicas no município, desde início do século XXI, o que inclui fenômenos como luzes e ruídos estranhos, uma nave esférica que sobrevoou a cidade e chegou bem próximo de algumas casas.

Em face da profusão de histórias/relatos, um Centro de Pesquisas Ufológicas foi instalado na cidade e faz parte do

"Circuito de Pesquisa Porto Cristal". O Centro Ufológico, dirigido pelo Sr. Alonso Valdi Régis, localiza-se na entrada da cidade e lá se encontra a réplica de um disco voador. Essas histórias fazem parte da cultura local e revelam a existência de forte identidade com os referidos geossítios.

Vila do Ventura

Ventura é um distrito de Morro do Chapéu cuja principal atividade foi a exploração de diamante no final do século XIX e início do século XX, quando o coronelismo era dominante na Chapada Diamantina (Figura 6A). Seu auge foi na década na 1920 quando, além da extração de diamantes, também havia exploração de carbonato,

> carbono puro de cor preta, não cristalizado, assemelhado a um bloco de carvão, que inúmeras vezes atrapalhou a garimpagem de diamantes, passa a ter valor na produção de ferramentas de cortes, serras dentadas, coroas para a perfuração de minas e rochas. Como no Brasil, a indústria de base era praticamente inexistente, todo o montante era exportado para a Europa (Pedreira e Rocha, 2013, p. 56).

A Vila do Ventura possuía grande dinamismo econômico e social e foi um dos grandes polos garimpeiros da Chapada Diamantina, junto com Lençóis, Palmeiras, Mucugê e Andaraí. Porém, a partir da década de 1930, com a queda no preço do carbonato, após a descoberta por alemães de um material que o substituiu, aliado à crise da Bolsa de Nova York em 1929, além de questões políticas e falta de infraestrutura de serviços e da grande seca de 1932, a população começou a abandonar o distrito, que entrou em decadência.

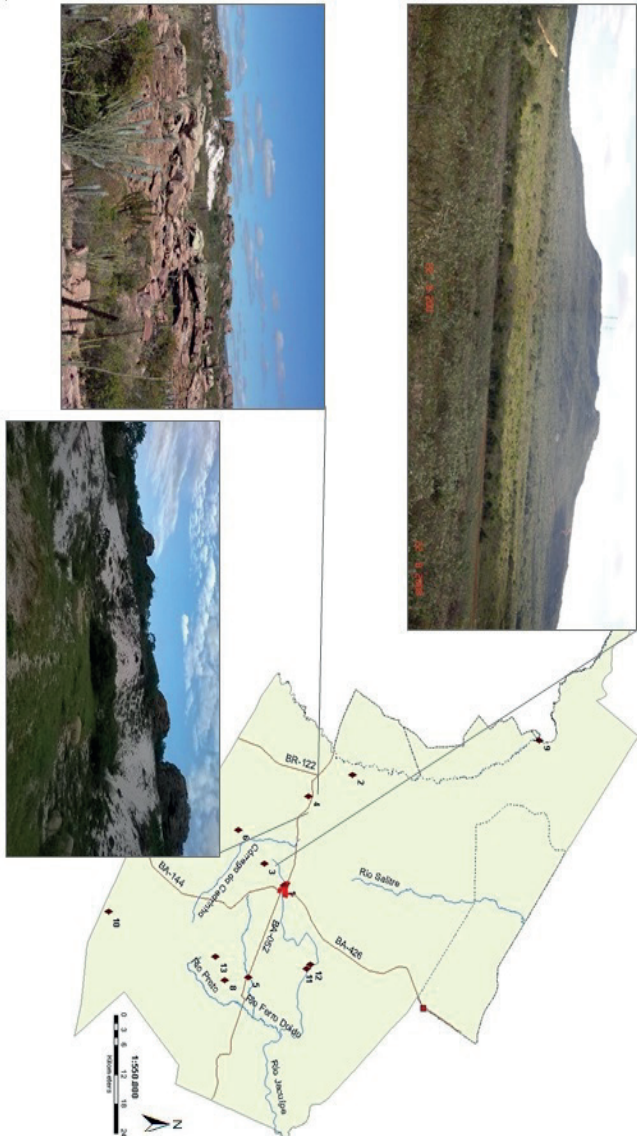



Figura 4A – Morrão e sua localização - Fonte: Rocha e Pedreira, 2012; os Autores
Figura 4B – Complexo Lagoa da Velha e sua localização - Fonte: Rocha e Pedreira, 2012; os Autores
Figura 4C – Duna Lagoa da Velha e sua localização - Fonte: Rocha e Pedreira, 2012;

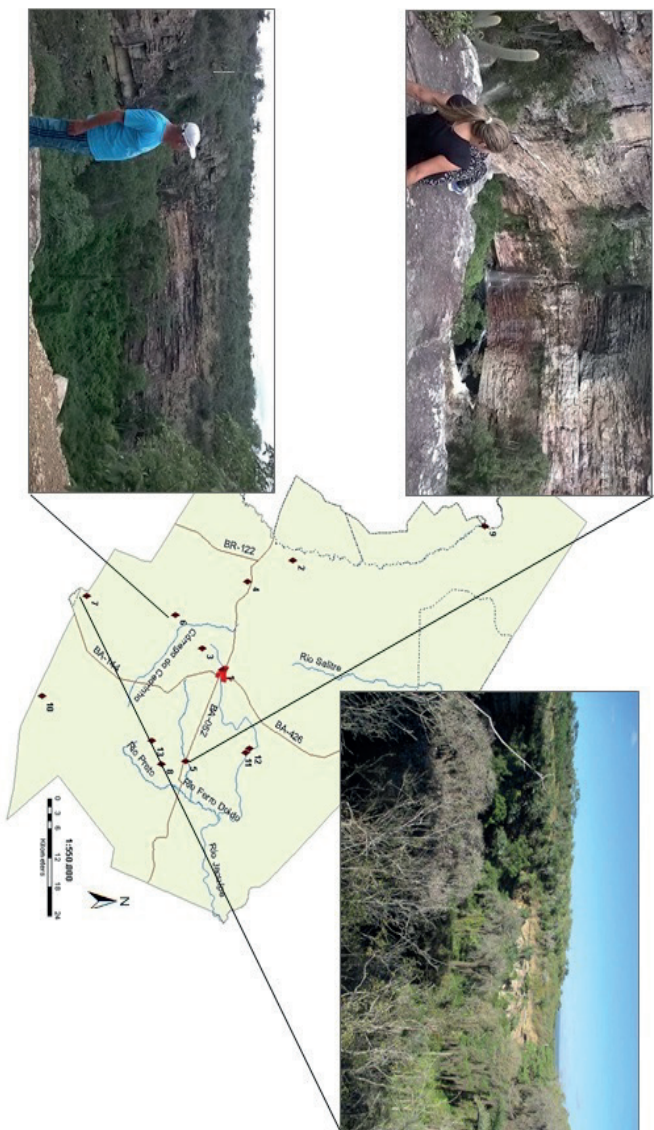



Figura 5A – Cachoeira do Ferro Doido e sua localização - Fonte: Os Autores
Figura 5B – Buraco da Velha Duda e sua localização - Fonte: Os Autores
Figura 5C – Buraco do Possidônio e sua localização - Fonte: Os Autores

ABC DO VENTURA J. M. Neves Pela estrada seguem gentes Com sacos de víveres e raspadura Indo todos alegres e contentes Trabalharem nos serviços do Ventura Unindo aos companheiros de viagem Conduzimos a fé, e detestamos a usura Vamos nos despedindo por toda a paragem Saudades de ti, vou ao Ventura Vê-se gente trabalhando nas catas E nas estradas, viajantes com brandura Até o demônio! Fazia apercartas Também para visitar o Ventura”	O ENCONTRO COM A NATUREZA Diolino Aragão XIX “Quero chamar a atenção, ocupando alguns instantes, Para falar do Ventura, “A terra dos Diamantes” Onde nasceu, com estima, O Rubem da Silva Lima, Homem honesto e elegante” XX O Ventura foi a Vila, Mais rica do meu sertão, Diamante e carbonado, Se achava pelo chão, Para quem a conheceu, Hoje parece museu, Causando admiração”.
ABANDONADO Durbem Silva Lima Outrora fui feliz, cantei, vibrei Trabalhei, dei fortunas colossais. Ao município meu sempre ajudei Estou cansado, já não passo mais. Agora que o dinheiro me faltou Minhas ruas então abandonadas A comuna não sei porque deixou Que minhas ruas fossem desmanchadas Fui famoso, tive palco e distração Biblioteca, livros sempre a mão Um pouco de saber e de cultura Minhas ruas vendidas e cercadas Com arame farpado hoje enfeitadas Braços cruzados sobre mim. Ventura	“ADEUS, OH! TERRA DO VENTURA” Affonso Costa Adeus oh! Terra do Ventura Adeus Campinas, rios e Flores Eu vou sofrendo mil torturas Transpondo os seus horizontes Talvez, que nunca mais regresse Talvez, que nunca mais te possa ver Jamais de ti nunca se esquece A quem tu viste nascer Coração, não terás consolação Pois infeliz já serás Que na terra da tua alma Longe estais”.

Quadro 1 – Canções e poesias sobre a Vila do Ventura

Fonte: Sampaio, 2004

Atualmente poucas famílias residem na Vila do Ventura, o calçamento está se deteriorando, muitas casas estão em ruínas, outras já desabaram, comprometendo o patrimônio histórico-arquitetônico de um lugar tão importante para a Bahia . No entanto, sua história ainda está preservada na memória das gerações que vivenciaram o apogeu e declínio da vila, expressando em poemas o sentimento de pertencimento ao lugar.

O processo de tombamento da Vila do Ventura pelo IPAC está em andamento. Espera-se que a proteção e recuperação possam ser efetivas e rapidamente concluídas, permitindo que este rico patrimônio cultural seja preservado para futuras gerações, mantendo viva a história local. Atualmente é conhecida como "Ventura, cidade-fantasma".

Gruta dos Brejões

A Gruta dos Brejões (Figura 6B) é uma das mais notáveis cavernas do país, tanto em extensão quanto em amplitude, respectivamente, 7.750 m e 106 m no pórtico de entrada (BERBERT-BORN & HORTA, 1995). Além da importância geomorfológica, a gruta abriga depósitos paleontológicos, riqueza arqueológica com pinturas rupestres e espeleotemas de grande porte.

Sua riqueza não se restringe à relevância científica, há também o caráter sagrado da gruta. Para Barbosa (2011, p. 337), "a caverna torna-se sagrada na medida em que o seu uso ganha características ritualísticas, evocando elementos que habitam o imaginário religioso, ritualístico, mitológico e transcendental do ser humano". A Gruta dos Brejões é considerada um santuário religioso, recebe centenas de romeiros no mês de agosto, devotos de Nossa Senhora dos Milagres, cujo altar — com imagem da santa — está num espeleotema na entrada. Os fiéis acendem velas

e depositam objetos como forma de pedir ou agradecer alguma graça.

De acordo com Barleto *et al.,* (2007, p. 42), o ritual "teve início quando um antigo morador, há mais de cem anos, prometeu levar uma imagem da santa para o interior da gruta se a malária, responsável por inúmeras mortes, não ocorresse mais". Além da romaria anual nos festejos de Nossa Senhora dos Milagres, também são celebradas missas, batizados e casamentos na gruta.

Próximo à entrada da gruta existe uma comunidade quilombola de 39 famílias. Além de utilizar a gruta como santuário religioso, alguns moradores também trabalham como guias turísticos para os visitantes que pretendem conhecê-la e muitas mulheres têm como uma de suas fontes de renda preparar refeições, visto que a comunidade não dispõe de comércio formal e outros serviços.

O uso religioso, entretanto, precisa ser objeto de adequações, pois entra em conflito com a conservação da gruta, visto que a visita dos fiéis ao longo do ano, principalmente no mês de agosto, traz consigo uma grande quantidade de resíduos, bem como ofertas que se amontoam no altar da santa como forma de agradecimento à graça alcançada. Também há relatos, segundo os quais, durante os festejos, ocorre queima de fogos de artifício no interior da gruta.

Cachoeira das Boiadas

Cachoeira (Figura 7A) que fica numa área conhecida como Caminho das Boiadas, uma estrada antiga por onde circulavam pessoas e produtos comercializados nos séculos XIX e XX, inclusive boiadeiros que iam rumo ao rio São Francisco. Esse caminho leva à Vila do Ventura, local que possuía grande dinamismo econômico e social e foi um dos polos garimpeiros da Chapada Diamantina no início do século XX. Em alguns trechos ainda é encontrado o antigo calçamento (SAMPAIO, 2004). Nas margens do rio é possível encontrar marcas da atividade garimpeira.

Figura 6A – Vila do Ventura e sua localização
Fonte: Os Autores
Figura 6B – Gruta dos Brejões e sua localização
Fonte: Autores

Gruta da Boa Esperança

A Gruta da Boa Esperança (Figura 7B) está localizada a 53 km ao sul da sede municipal de Morro do Chapéu, possui pinturas rupestres e é conhecida por ter sido palco de sacrifícios e rituais religiosos na década de 1960, quando ainda pertencia ao município de Utinga. Tudo começou quando um morador da cidade, Pedro Nunes da Silva, o Pedro Velho, disse ter tido uma visão: na gruta existia escondida um tesouro, mas, para que este se revelasse, seriam necessários muita fé, orações e sacrifícios.

Pedro Velho iniciou suas pregações a respeito dessa visão e, assim, atraiu muitos fiéis para a gruta, a princípio apenas para fazer orações, mas logo depois os seus seguidores passaram a viver lá; pequenos muros de pedra foram construídos formando cubículos onde cada família ou pessoa vivia; eles também caçavam e plantavam alguns dos alimentos de subsistência; mas o ouro ainda não havia sido descoberto. Então, Pedro Velho disse ter tido outra visão em que as paredes da gruta se transformariam em ouro, se humanos fossem sacrificados. Assim, três pessoas da cidade foram raptadas, levadas para a gruta e, lá, sacrificadas. Após esse fato macabro, as autoridades locais proibiram os rituais; Pedro Velho e seus dois irmãos, os principais seguidores, foram presos. Até hoje o acontecimento é lembrado pelos moradores mais antigos de Morro de Chapéu e Utinga.

Cachoeira Pedro Brabo e do Agreste

A Cachoeira Pedro Brabo (Figura 8A) e a do Agreste (Figura 8B) são formadas pelo rio Jacuípe. A primeira possui 6 m de queda d'água e em sua margem é comum a presença de orquídeas.

Recebeu esse nome devido ao morador Pedro Lino de Medeiros, conhecido por Pedro Brabo, nascido em Mundo Novo, que fora para Morro do Chapéu atraído pelos garimpos de diamante. Pedro Brabo, algum tempo depois, torno-se ermitão, passando a viver isolado numa toca nos arredores da cachoeira, antes denominada Agreste 1, alimentando-se somente de caças e de vegetais (OLIVEIRA, 2013).

A Cachoeira do Agreste resulta do encontro do rio Preto com o rio Jacuípe, localiza-se a 2,6 km após a Cachoeira Pedro Brabo; sua principal queda d'água tem, aproximadamente, 50 m de altura. As margens são repletas de bromélias e orquídeas. No leito desse trecho do rio, há presença de "poços", onde no passado eram explorados diamantes. Atualmente ainda se encontram vestígios da atividade garimpeira nas calhas dos rios (Figura 8C). Há uma barragem e um mirante (ainda sem infraestrutura turística), onde é possível ter bela vista do vale por onde corre o rio.

Dentro das classificações identitárias adotadas pode-se concluir que dos 33 sítios propostos para compor o Geoparque, 13 possuem características identitárias. Dentre eles, o sítio que mais se destacou foi a Gruta dos Brejões, com seis aspectos, seguido da Vila do Ventura e Cachoeira do Ferro Doido, com cinco.

O aspecto identitário mais encontrado nos sítios foi o de Fatos históricos, presente em nove sítios, seguido de Memória, presente em sete dos 13 sítios analisados. Estes são os que, junto com o aspecto Patrimônio Mineiro, representam a forte identidade mineira de Morro do Chapéu, já que remetem a situações características dessa atividade econômica (Quadro 2).

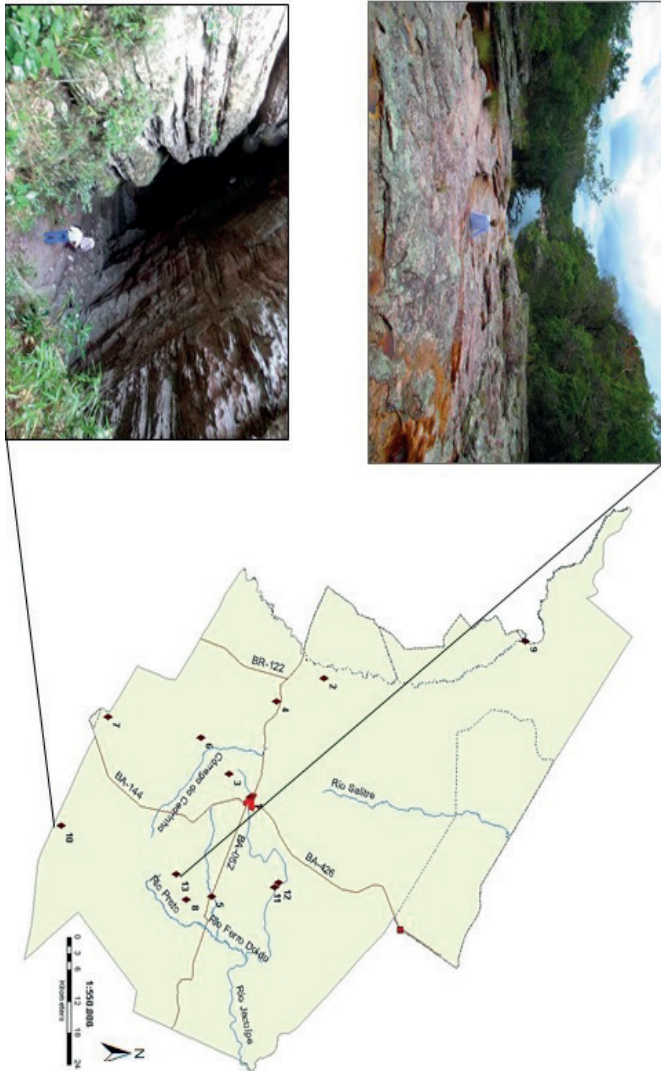



Figura 7A – Cachoeira das Boiadas e sua localização
Fonte: Os Autores
Figura 7B – Gruta da Boa Esperança e sua localização
Fonte: Os Autores

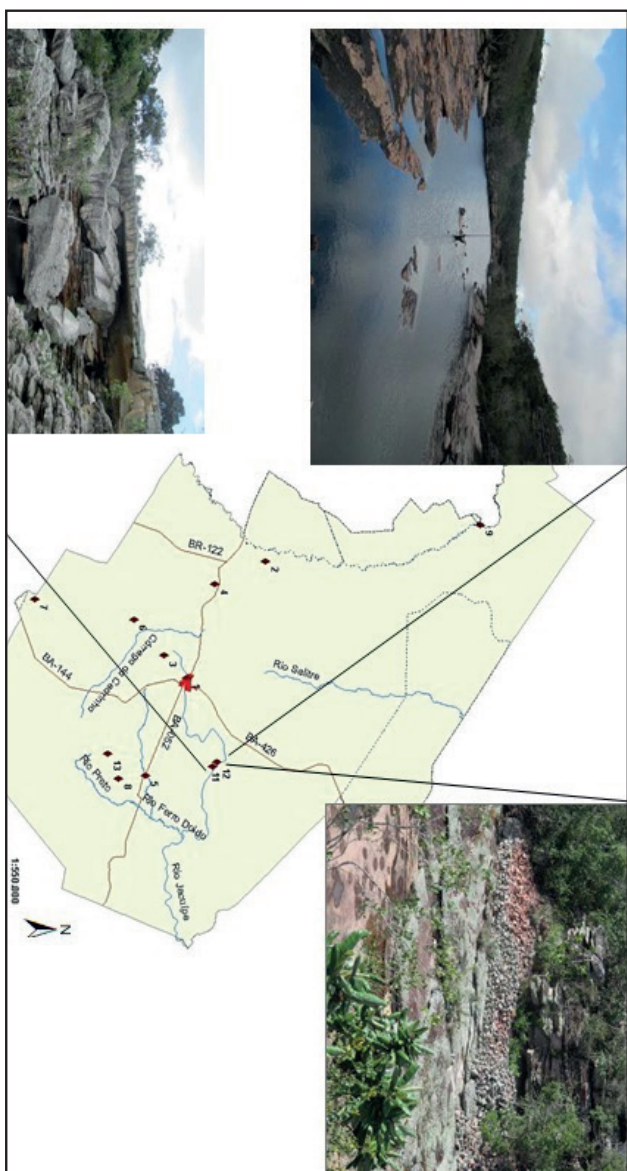



Figura 8A – Cacheira do Agreste e sua localização
Fonte: Os Autores
Figura 8B – Cachoeira do Pedro Brabo e sua localização
Fonte: Os Autores
Figura 8C – Vestígios de garimpo ao longo do rio
Fonte: Os Autores

SÍTIOS IDENTITÁRIOS	Lendas	Memória	Fatos históricos	Crenças religiosas	Músicas	Referência geográfica	Nomenclatura	Atividades econômicas	Símbolos	Patrimônio mineiro	Total
1- Conglomerado BA-052			■							■	2
2- Fonte termal do Tareco		■				■					2
3- Morrão			■			■	■		■		4
4- Lagoa da Velha			■				■				2
5- Cachoeira do Ferro Doido		■	■				■		■	■	5
6- Buraco do Possidônio	■										1
7- Buraco da Velha Duda	■										1
8- Vila do Ventura		■	■		■				■	■	5
9- Gruta dos Brejões	■	■		■			■	■	■		6
10- Gruta da Boa Esperança	■	■	■	■							4
11- Cachoeira do Agreste		■	■							■	3
12- Cachoeira Pedro “Brabo”		■	■								2
13- Cachoeira das Boiadas			■							■	2
Total	4	7	9	2	1	2	4	1	4	5	

Quadro 2 – Síntese dos sítios identitários
Fonte: Os Autores

Quantificação de sítios identitários

Com base nos pesos atribuídos a cada aspecto, o sítio que possui maior caráter identitário é a Gruta dos Brejões, com 13 pontos, pois reúne todos os aspectos mais relevantes: Memória, Crenças religiosas e Atividades econômicas. Em seguida, Vila do Ventura e a Gruta da Boa Esperança, com 10 pontos, que se destacam por fatos históricos que permeiam a memória e a imaginação dos habitantes até os dias atuais. Os sítios com menor pontuação foram Buraco da Velha Duda e Buraco do Possidônio, ambos com 2 pontos, o que, entretanto, não desqualifica seu caráter identitário, ainda que possuam importância afetiva menor que os demais (Quadro 3).

Aspectos Identitários	Lendas	Memória	Fatos históricos	Crenças religiosas	Músicas	Referência geográfica	Nomenclatura	Atividades econômicas	Símbolos	Patrimônio mineiro	TOTAL
Peso	**2**	**3**	**2**	**3**	**2**	**1**	**1**	**3**	**1**	**2**	
1- Conglomerado BA-052			■							■	**4**
2- Fonte termal do Tareco		■				■					**4**
3- Morrão			■			■	■		■		**5**
4- Lagoa da Velha			■				■				**3**
5- Cachoeira do Ferro Doido		■	■				■		■	■	**9**
6- Buraco do Possidônio	■										**2**
7- Buraco da Velha Duda	■										**2**
8- Vila do Ventura		■	■		■				■	■	**10**
9- Gruta dos Brejões	■	■		■			■	■	■		**13**
10- Gruta da Boa Esperança	■	■	■	■							**10**
11- Cachoeira do Agreste		■	■							■	**7**
12- Cachoeira Pedro "Brabo"		■	■								**5**
13- Cachoeira das Boiadas			■							■	**4**

Quadro 3 – Quantificação dos sítios identitários
Fonte: Os Autores

Considerações Finais

As relações de identidade com a geodiversidade podem ser observadas de diversas formas, como, entre outras: aspectos folclóricos; atividades econômicas que usufruem de elementos como o solo para a agricultura; minerais e rochas para construção e artesanato; cachoeiras, trilhas, rios e lagoas para o turismo; aspectos geológicos explicados pela população com base em justificativas místicas; preservação de vestígios de atividade garimpeira; aspectos arqueológicos e históricos (escolha de materiais para fabricação de artefatos); valores religiosos atribuídos aos elementos da geodiversidade; existência de histórias, lendas, cantigas e hinos relacionados com a geodiversidade; nomenclaturas relacionadas com a geodiversidade atribuídas a certos locais.

Outras relações identitárias entre a população e a geodiversidade nem sempre estão explícitas e são percebidas; porém, ao conversar com os moradores, ouvir suas lembranças da infância, andar pelas ruas e pela zona rural, e ler sobre a história do município, foi possível identificá-las. Assim como Morro do Chapéu, muitas cidades do Brasil têm seus nomes relacionados à geodiversidade local, expressando a identidade do povo e reforçando este valor cultural. Este é o caso de Serra Caiada (RN), Itabirito (MG) (pedra que risca vermelho), Itaberaba (BA) (pedra que brilha), Caldas do Jorro (BA), Ametista do Sul (RS).

Como essas relações são pouco perceptíveis, esta pesquisa propôs uma metodologia para identificá-las, elencando 10 aspectos identitários que os sítios geológicos e históricos podem ter: Lendas/costumes/mitos; Memória; Fatos/Acontecimentos históricos; Crenças religiosas; Músicas/cantigas/cordel; Referência geográfica; Nomenclatura; Atividades econômicas; Símbolos; Patrimônio mineiro/'marcas' do garimpo. Assim, na área de estudo dos 33 sítios analisados, 13 apresentam caráter identitário.

Ao caracterizar sítios identitários, esta pesquisa contribui para os estudos que envolvem geoparques de uma forma geral, pois a sua importância cultural está relacionada ao envolvimento da população local. Também contribui para a proposta do Geoparque Morro do Chapéu, que, até então, possuía inventariação de geossítios de caráter prioritariamente científico. A existência de 13 sítios identitários na área de estudo reforça a sua potencialidade em se constituir um geoparque.

Referências

Barbosa, E. P. (2011). Cavernas, religião e devoção. **Anais do 31º Congresso Brasileiro de Espeleologia**. Ponta Grossa, Paraná, p. 337-344.

Barleto, E. A., SOUZA, H. N. de. e LESSA, G. (2007). Conservação do Patrimônio Paleontológico, Arqueológico e Cultural na APA Gruta de Brejões / Vereda do Romão Gramacho, BA. **Anais do XXIX Congresso Brasileiro de Espeleologia.** Ouro Preto, Minas Gerais, p. 39-46.

Barreto, J. M. C. (2007). Potencial geoturístico da região de Rio de Contas – Bahia – *Brasil.* Dissertação (Mestrado em Geologia). Instituto de Geociências – Universidade Federal da Bahia, Salvador. 164 pp.

Bauman, Z. (2005). *Identidade*: entrevista a Benedetto Vecchi. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2005. 110p.

Berbert-Born, M. e Horta, L. S. (1995). Espeleologia. In: Rocha, A. J. D. e Costa, I.V.G. (Orgs.), *Projeto Mapas Municipais -*

Município de Morro do Chapéu (Ba): informações básicas para o planejamento e administração do meio físico. CPRM. Salvador.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2017). *Unidades territoriais do nível município.* IBGE. Disponível em: Acedido em 10 de junho de 2017, em <https://sidra.ibge.gov.br/territorio#/N6>. Acesso em: 10 jun. 2017.

Brilha, J. B. R. (2005). *Patrimônio geológico e geoconservação*: **a** conservação da natureza na sua vertente geológica. Braga: Palimage Editores, 2005, 190p.

Brilha, J. B. R. (2012). A Rede Global de Geoparques Nacionais: um instrumento para a promoção internacional da geoconservação. In: Schobbenhaus, C. e Silva, C. R. da. *Geoparques do Brasil*: propostas. Rio de Janeiro: CPRM.

Brilha, J. B. R. (2015). Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: a review. **Geoheritage**, 8: 119-134.

Costa, C. (1997). *Sociologia*: introdução à ciência da sociedade. 2. ed. São Paulo: Moderna, 1997.

Etchevarne, C. (Coord.). (2007). *Escrito na pedra*: cor, forma e movimento nos grafismos rupestres da Bahia. Rio de Janeiro: Versal, 2007, 310 p.

Gray, M. (2004). *Geodiversity*: valuing and conserving abiotic nature. England: John Wiley and Sons, 2004. 434 p.

Greenwood, E. (1965). Métodos de investigação empírica em Sociologia. **Análise Social**, 3: 313-345.

Menegat, R. (2009). Geoparques como laboratórios de inteligência da Terra**. Geologia USP.** Publicação especial, 5: 91-103.

Oliveira, O. G. de. (2013). Pedro Brabo e Zé de Virgílio: duas personalidades de Morro do Chapéu. Disponível em: <http://www.morronoticias.com/index.php/2-uncategorised/2440-pedro-brabo-e-ze-de-virgilio-duas-personalidades-de-m-do-chapeu>. Acesso em: 25 mai. 2017.

Oliveira, O. G. de. (2015). Fonte do Tareco, um oásis no sertão. Disponível em: <http://www.morronoticias.com/index.php/2-uncategorised/4921-fonte-do-tareco-um-oasis-no-sertao-por-otaviano-goncalves-de-oliveira>._ Acesso em: 25 mai. 2017.

Roca, Z. e Oliveira, J. A. (2005). A paisagem como elemento da identidade e o recurso para desenvolvimento. **Anais do X Colóquio Ibérico de Geografia "A Geografia Ibérica no Contexto Europeu"**. Portugal: Universidade de Évora.

Rocha, A. J. D. e Costa, I. V. G. Org. (1995). *Projeto Mapas Municipais – Município de Morro do Chapéu (Ba*): informações básicas para o planejamento e administração do meio físico. Salvador: CPRM, p. 3-5.

Rocha, A. J. D. e Pedreira, A. J. (2012). *Geoparque Morro do Chapéu, Bahia*: proposta. RIBEIRO, A. de F. (Org.). CBPM: Salvador, 2012, 64p.

Ruhckys, U. de A. (2007). Patrimônio geológico e geoconservação no quadrilátero ferrífero, Minas Gerais: potencial para criação de um geoparque da Unesco. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências. Belo Horizonte. 2011p.

Sampaio, E. P. N. (2004). Ventura: dos diamantes ao ecoturismo – estudo de caso do potencial do ecoturístico do distrito de Ventura, Morro do Chapéu, Chapada Diamantina-Ba. Dissertação (Mestrado em Cultura e Turismo) – Universidade Estadual de Santa Cruz/ Universidade Federal da Bahia. Ilhéus/ Salvador. 194 p.

Sharples, C. (1993). A methodology for the identification of significant landforms and geological sites for geoconservation purpose. **Report to Forestry Commission**. Tasmania. 31p.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (2004). **Operational guideline for National Geoparks seeking UNESCO's assistance.** UNESCO**.** Disponível em: <http://www.unesco.org/science/earthsciences/geoparks/geoparks.htm>. Acesso em: 18 mar. 2017.

Modelagem espacial do potencial (eco)turístico Da região de Igatu, Chapada Diamantina, Bahia

Hermilino Danilo Santana de Carvalho
Marjorie Csekö Nolasco

Introdução

Nos últimos anos a popularidade do turismo de natureza, ecoturismo, turismo de aventura, entre outros, tem crescido consideravelmente, o que pode ser observado através da variedade de publicações especializadas que surgiram sobre o assunto, do número crescente de acadêmicos dedicando-se ao estudo, das revistas e agências especializadas, de reportagens frequentes na mídia televisiva e do crescente interesse por parte de muitos turistas (KINKER, 2002, *apud* KATAOKA, 2004). Segundo a Organização Mundial de Turismo, o mercado atual referente a destinos naturais e ecoturísticos, cruzeiros e esportes aquáticos, além do turismo nas regiões desérticas e polares e nas grandes florestas tropicais, terá uma demanda maior no século XXI (WTO, 1998). O ecoturismo é apontado como a modalidade de turismo de crescimento mais acentuado nos últimos anos (SEBRAE, *apud* FARIA, 2001; SALVATI, 2002).

A expressão ecoturismo surgiu para designar a modalidade de turismo cujas bases estão nas propostas de desenvolvimento sustentável: compromisso com gerações futuras, justiça social e eficiência econômica, considerando o ambiente em suas múltiplas conexões — naturais, econômicas, sociais e culturais (FARIA, 2001).

Segundo estudos da Secretaria da Cultura e Turismo da Bahia (2007), este estado afirma-se como o segundo mais importante polo receptor do turismo internacional de lazer e de longa distância do país, como polo de destaque e referência para o turismo doméstico, sendo o terceiro maior destino de turistas residentes no país e o segundo maior em geração de receita. Na regionalização turística proposta pela BAHIATURSA (2007), foram desenhados 11 grandes Zonas Turísticas com oportunidades de investimentos, conforme a Figura 1. A zona que apresenta maior vocação para o ecoturismo é a Zona Turística da Chapada Diamantina, onde esta modalidade vem sendo desenvolvida em todos os seus quatro circuitos, a saber (Quadro 1): Circuito da Chapada Norte, Circuito do Diamante, Circuito do Ouro e Circuito da Chapada Velha (em expansão) — com um Parque Nacional (PARNA), de grande repercussão no estado, o PARNA Chapada Diamantina.

O Parque Nacional da Chapada Diamantina (PNCD), fundado em 1985, caracteriza-se como a Unidade de Conservação que melhor representa internacionalmente, no estado da Bahia, a prática do ecoturismo; insere-se no Circuito Turístico do Diamante e assim influencia economicamente as atividades dos municípios águas puras e frescas, o clima ameno e a vegetação exótica azem desse parque um lugar ímpar para passeios, excurssões e caminhadas para os amantes da natureza (CPRM, 1994).

Segundo Andrade (2005), os municípios do Circuito do Diamante reúnem as cidades que têm história ligada ao garimpo de diamantes e é responsável pela construção de várias delas, cujos moradores hoje contam histórias à espera de aventureiros que procuram a natureza como destino. Tendo em vista estas características, a Vila de Igatu (Foto 1) destaca-se neste circuito, aparecendo no cenário regional como uma importante área a ser valorizada e trabalhada pelo turismo baiano.

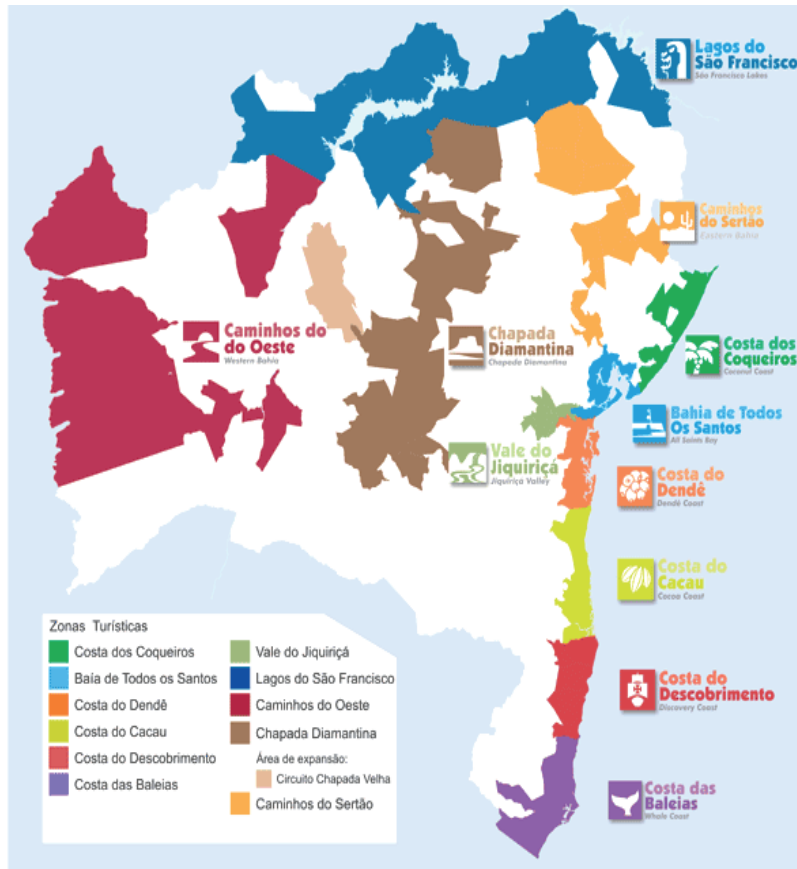



Figura 1 – Mapa de Oportunidades de Investimentos turístico nas Zonas turísticas da Bahia.
Fonte: http://www.setur.ba.gov.br/opinv_zona.asp(2007)

Circuitos da Zona Chapada Diamantina	Descrição
Circuito do Diamante	Tendo Lençóis como principal referência, o Circuito do Diamante abrange também os municípios de Mucugê, Andaraí e Palmeiras, oferecendo como principais atrativos o patrimônio histórico tombado, uma formação geológica com cenários deslumbrantes, o Parque Nacional da Chapada Diamantina, o Vale do Capão, as relíquias dos tempos de opulência do garimpo de diamantes, as cachoeiras e os rios. É o circuito onde a atividade turística mostra-se mais desenvolvida, com estrutura de hospedagem e receptivo de boa qualidade e, por isso, atendendo a vários segmentos. O Circuito do Diamante contém os municípios de Andaraí, Ibicoara, Iraquara, Itaetê, Lençóis, Mucugê, Nova Redenção, Palmeiras e Seabra.
Circuito do Ouro	O Circuito do Ouro insere-se em uma região onde a biodiversidade dos ecossistemas se caracteriza pela fauna e flora fartas em espécies endêmicas. O seu destino âncora é o município de Rio de Contas, que se destaca pela diversidade de atrativos naturais, históricos e culturais, além de oferecer a melhor estrutura de hospedagem e de serviços turísticos da região. O Circuito do Ouro poderá ser enriquecido com a incorporação dos municípios de Ituaçu e Barra da Estiva, ambos oferecendo inúmeros atrativos ecoturísticos - cachoeiras, piscinas naturais, corredeiras, cavernas calcáreas e pinturas rupestres -, sobressaindo a Gruta da Mangabeira, que se tornou conhecida por suas belezas naturais e por atrair grande número de visitantes que para lá se dirigem por motivos religiosos. Delimitam o Circuito do Ouro os municípios de Abaíra, Érico Cardoso, Jussiape, Livramento de Nossa Senhora, Paramirim, Piatã, Rio de Contas e Rio do Pires, Barra da Estiva e Ituaçu.
Circuito da Chapada Norte	O Circuito Chapada Norte estende-se de Wagner a Campo Formoso, tendo Jacobina e Morro do Chapéu como municípios-âncora. Sua geografia é peculiar, observando-se a presença de grutas, cachoeiras, rios e cenários deslumbrantes que são protegidos por Unidades de Conservação, o que permite a prática de inúmeras atividades esportivas, ecoturísticas e de aventura, além de visitas a antigas minas de exploração aurífera ainda existentes no local. Associam-se a esses atributos as condições climáticas da região, onde prevalecem baixas temperaturas e altitude elevada, notadamente em Morro de Chapéu, tudo isso favorecendo o desenvolvimento de produtos turísticos diferenciados que associam o clima às tradições e à gastronomia típica regional. Estudos remetem a sítios arqueológicos com pinturas rupestres, enquanto naturalistas e paisagistas destacam a presença de fauna e flora endêmicas e de rara beleza. A Chapada Norte é um convite à contemplação, ao ecoturismo e à aventura. O Circuito Chapada Norte compreende os municípios de Bonito, Caém, Campo Formoso, Jacobina, Miguel Calmon, Morro do Chapéu, Ourolândia, Piritiba, Saúde, Utinga e Wagner.
Circuito da Chapada Velha	As primeiras fases do Ciclo da Mineração ocorreram no Circuito da Chapada Velha. Em virtude do seu isolamento, a região ainda preserva algumas características históricas e costumes que se manifestam nas festas regionais tradicionais, atraindo, em especial, turistas baianos. O Circuito da Chapada Velha é formado pelos municípios de Gentil do Ouro, Ipupiara e Brotas de Macaúbas.

Quadro 1 – Polo Chapada Diamantina e Zonas Turísticas – Regionalização do Prodetur (1991)
Fonte: Disponível em: <http://www.setur.ba.gov.br/opinv_zona.asp>.
Elaboração: Carvalho (2008)

Foto 1 – Conjunto de casarios antigos no centro da Vila de Igati
Fonte: Carvalho (2008)

A Vila de Igatu (antiga Xique-Xique de Igatu), também conhecida como "a cidade de pedras", tombada pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) entre 1998 e 2000, é um distrito do município de Andaraí. Situa-se a cerca de 730 metros acima do nível do mar, a 310 km distante de Feira de Santana e 410 km de Salvador, encontra-se nos limites leste do Parque Nacional da Chapada Diamantina, com coordenadas UTM 248300S e 8735000W (Figura 2). Segundo Carvalho (2007), foi fundada como vila de apoio para os garimpos localizados entre Mucugê e Andaraí, no século XIX, apresentando hoje o turismo como principal atividade da região, que, em sua grande parte, quando os provedores são exógenos, não deixa benefícios econômicos para a população local, à semelhança das atividades econômicas anteriores de base extrativista, o garimpo de diamantes e a coleta de sempre-vivas.

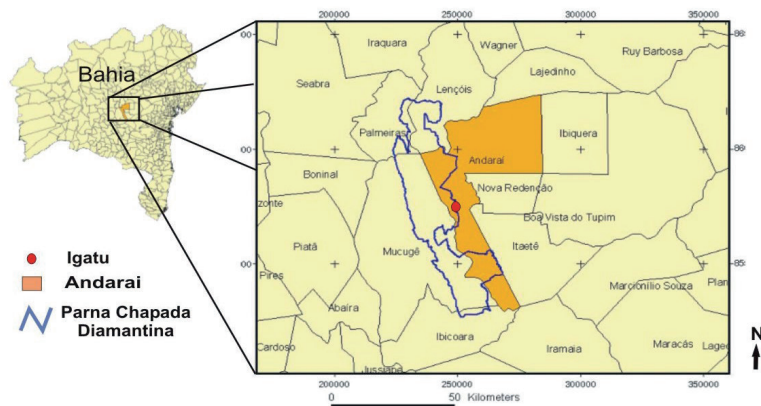



Figura 2 – Localização do distrito de Igatu.
Fonte: Carvalho (2007)

Partindo do conhecimento prévio da região e da necessidade de promover um meio sustentável de desenvolvimento, em articulação com a comunidade local, que rompa a tendência, hoje existente, de marginalização atual, este trabalho tem por objetivo modelar espacialmente e avaliar o potencial turístico de antigas trilhas garimpeiras e da região de Igatu, servindo de subsídio para os planos de uso público, juntamente com o Parque Nacional da Chapada Diamantina, a fim de que suas atividades produzam o mínimo impacto possível sobre os ambientes naturais e culturais.

A escolha dessa área foi motivada por ser de grande riqueza histórica e cultural da Chapada Diamantina, que deve, portanto, ser estudada e preservada, e por manifestar, diante de seus recursos naturais (fauna, flora e geologia), um grande potencial para o turismo, principalmente o ecoturismo. (Foto 2)

Foto 2 – Mirante da Rampa de Caim, um dos principais sítios turísticos de Igatu no Parque Nacional da Chapada Diamantina

Fonte: Carvalho (2008)

Modelagem espacial e ecoturismo

O turismo ecológico ou ecoturismo surgiu na década de 1980 como extensão ou apêndice do turismo alternativo, e cresceu, segundo Fennell (2002) e Brito (2005), como consequência da insatisfação com as formas convencionais de turismo, que, num sentido geral, ignoravam os elementos sociais e ecológicos dos locais visitados.

Como assinala Mourão (2004), a primeira definição formal do termo ecoturismo foi feita em 1987 pelo arquiteto mexicano Hector Ceballos-Lascuráin, especialista em planejamento turístico:

> Ecoturismo é viajar para áreas naturais conservadas e não perturbadas com o objetivo específico de es-

> tudar, admirar e desfrutar a paisagem e suas plantas e animais, assim como quaisquer outras manifestações culturais — passadas e presentes — nessas áreas encontradas. (CEBALLOS-LASCURÁIN, 1987, p. 14)

Esta definição ressalta a experiência e o caráter da atividade turística baseada na natureza e nas manifestações culturais. As definições mais recentes baseiam-se em princípios associados ao desenvolvimento sustentável, uma versão reformulada do ecodesenvolvimento.

No Brasil, as Diretrizes para uma Política Nacional de Ecoturismo — definidas pelo Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (MMA), Ministério da Indústria, do Comércio e do Turismo (MICT), Empresa Brasileira de Turismo (EMBRATUR) e Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) — propõem um desenvolvimento sustentável que contempla a comunidade, através da geração de melhores condições de vida e reais benefícios, e o meio ambiente como um fator de valorização dos recursos naturais, entre outros aspectos (SAMPAIO, 2004).

Segundo a EMBRATUR, nas Diretrizes para uma Política Nacional de Ecoturismo, este é definido como

> um segmento da atividade turística que utiliza de forma sustentável o patrimônio natural e cultural, incentiva sua conservação e busca a formação de uma consciência ambientalista através da interpretação do ambiente, promovendo o bem-estar das populações envolvidas (BRASIL, 1994, p. 19)

Entende-se que a atividade ecoturística, de modo geral, consolida-se como uma experiência de ruptura com o turismo de alto impacto para o ambiente físico e sociocultural. Propõe-se, assim, que o ecoturismo seja um fator de aproximação, conciliação

e integração do visitante com o ambiente – ecossistemas, paisagens e cultura (BRANDOM, 1995, *apud* SAMPAIO, 2004).

Com efeito, a prática do ecoturismo limita-se a áreas naturais relativamente tranquilas ou protegidas, em grande parte das vezes localizadas em Unidades de Conservação (UCs) ou em seu entorno, sendo passíveis de melhor planejamento espacial. A modelagem espacial do ambiente vem a ser um recurso válido para melhor estudar os aspectos que constituem geograficamente os elementos da atividade ecoturística (vegetação, uso do solo, sistemas de trilhas, atividades recreativas praticadas etc.) em unidades de conservação.

Segundo Christofolleti (1999), a modelagem constitui um procedimento teórico que envolve um conjunto de técnicas com a finalidade de compor um quadro simplificado e inteligível do mundo, como atividade de reações do homem à complexidade aparente do que o envolve. Consiste em compor uma abstração da realidade em função das concepções de mundo, trabalhando no campo da abordagem teórica e ajustando-se e/ou orientando o conhecimento empírico.

Para a produção de modelos espacializados dispõe-se de um conjunto de técnicas, entre as quais o geoprocessamento e o sistema de informações geográficas (SIG), que traduzem o mundo real em outros domínios, resultando, por exemplo, em mapas.

O geoprocessamento vem a ser um conjunto de tecnologias que abrigam vários tipos de sistemas e de técnicas para o tratamento de informações espaciais ou espacializáveis, permitindo a visualização em forma de mapas, relatórios e tabelas, constituindo ferramentas de análise e subsídio à tomada de decisão (VEIGA e XAVIER DA SILVA, 2004).

Já os SIGs, para Christofolleti (1999), no que concerne à análise espacial, são importantes para as aplicações nos estudos ambientais e socioeconômicos porque as distâncias entre os locais e os eventos são sempre um fator crucial para determinar as interações entre eles, de maneira que as ocorrências distribuídas es-

pacialmente não são independentes. Ainda segundo Christofolleti (1999), a modelagem, no âmbito dos SIGs, envolve a representação simbólica das propriedades locacionais (onde), assim como dos atributos temáticos (o quê) e temporais (quando), ao descrever as características e condições espácio-temporais.

Nessa perspectiva, tanto os usos de geoprocessamento quanto os de SIG têm sido adotados para o gerenciamento de áreas de unidades de conservação. Uma de suas vantagens é a capacidade de agregar dados dispersos, de diferentes formatos e fontes, em um mesmo sistema georreferenciado, associando dados geográficos e não espaciais, com base em conhecimentos diversos.

Assim, a modelagem baseada no conhecimento geralmente utiliza sistemas especialistas, e o processo de seleção e atribuição dos parâmetros do modelo é guiado pela expertise do executor. Exemplos de modelagens desse grupo são as operações de Lógica Nebulosa, Difusa ou *Fuzzy* (FRANCA-ROCHA, 2001)

Modelamentos com base na Lógica *Fuzzy* permitem o uso de possibilidades (grau, ou nível de certeza, ou de crédito em determinada informação, ou dado a partir de seu conhecimento e entendimento dentro do contexto de trabalho) no lugar de probabilidades matemáticas.

Portanto, a produção de modelos espaciais sobre a atividade ecoturística, tendo como base o uso de um ferramental em geoprocessamento e SIG, representam a possibilidade de melhores estudos e análises para a produção de planos de manejos em áreas de unidades de conservação, bem como em outras ações que visem ao planejamento territorial.

Modelando a atratividade (Eco)turística da região de Igatu

Os procedimentos metodológicos adotados para a criação de um modelo espacial de atratividade (eco)turística da região

de Igatu incluem três etapas: a de modelagem conceitual, a de construção da base de dados e geração dos mapas de evidências e a de modelagem espacial da atratividade. O fluxograma ilustra essas etapas (Figura 3).

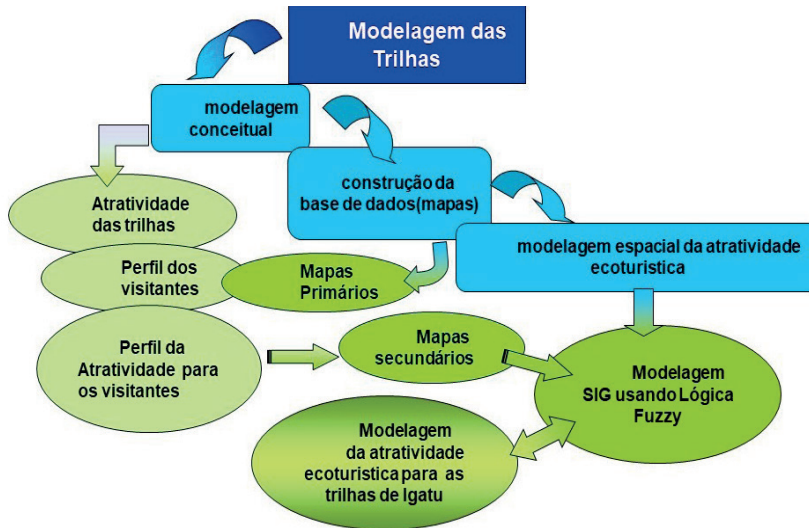



Figura 3 – Fluxograma Metodológico
Fonte: Carvalho (2008)

Modelagem conceitual

A modelagem conceitual fundamenta-se no modelo exploratório para a área que compreende as características de atratividade das trilhas e seus sítios turísticos e a atratividade indicada para o perfil de visitante da região de Igatu. Esta compreensão é necessária para selecionar os tipos de mapas primários a serem usados e os secundários a serem produzidos, bem como para estabelecer todos os procedimentos de modelagem.

As características do grau de atratividade das trilhas e sítios e da atratividade específica para os visitantes de Igatu, que foram os norteadores primordiais para a modelagem, tiveram como base, respectivamente, o levantamento, mapeamento, descrição e análise do potencial atrativo das trilhas através da adaptação do método IAPI (Indicadores de Atratividade de Pontos Interpretativos) e a análise de questionários aplicados aos visitantes da região de Igatu.

Atratividade das trilhas/sítios turísticos

A identificação e avaliação do grau de atratividade das trilhas através do método IAPI, adaptado de Magro e Freixêdas (1998), possibilitou facilitar a seleção de sítios com o mesmo tema em trilhas interpretativas, utilizando indicadores que refletem a atratividade de cada sítio (CARVALHO, 2008). Foram mapeadas 12 trilhas com GPS e Imagens IKONOS (resolução de 3m). todas partindo do núcleo urbano da Vila de Igatu e possuindo as mais diversas extensões (Figura 4).

Utilizando como referência Magro e Freixêdas (1998), a atratividade ecoturística do sítio na trilha relaciona-se, de modo geral, com fatores naturais como variedade de vegetação, proximidade com corpos d'água, relevo, áreas históricas ou arqueológicas, observação de animais, entre outros. A atratividade também pode ser a combinação de dois ou mais fatores como água e relevo (uma cachoeira ou cânion).

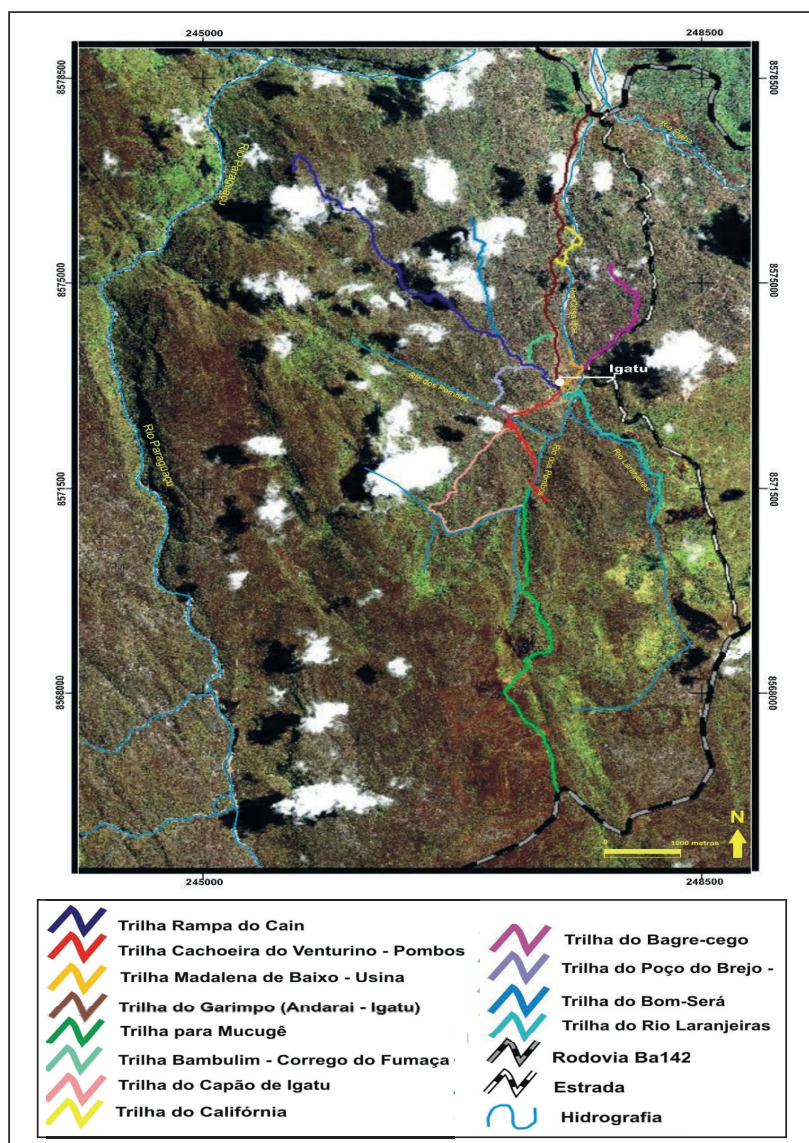



Figura 4 – Mapa das 12 trilhas da Região de Igatu

Com base na identificação, localização e mensuração desses fatores naturais nas 12 trilhas, desenvolve-se um perfil geral e individual da atratividade ecoturística de cada trilha estudada, conforme o Quadro 2.

O Quadro 2 ilustra de forma comparativa o perfil ecoturístico das trilhas de Igatu observando as seguintes características: grau de dificuldade de fácil a médio; grande potencial para atrativos geológicos; grande valor histórico/arqueológico; boas condições para a pratica de observação de animais, principalmente aves; e grande diversidade florística.

Perfil da atratividade para os visitantes

Através de questionários obteve-se o perfil da atratividade para os visitantes. O método usado para aplicação dos questionários foi o proposto por Freitas *et al.,* (2002) e adaptado para a área de estudo. Foram aplicados questionários aos visitantes durante o intervalo de um ano e meio (entre janeiro de 2006 e julho de 2007), em duas pousadas, no Centro de Atendimento ao Turista (CAT), nos dois principais bares da vila e por meio de um guia. Posteriormente, os dados foram tabulados e analisados de acordo com suas frequências absolutas e relativas, com o auxilio do software Microsoft Excel. As questões abordadas tinham como base aspectos socioculturais, principais atividades realizadas pelos visitantes, aspectos mais atrativos da região de Igatu, frequência de uso, percepção de animais nas trilhas e tempo de permanência, entre outras.

A partir das informações coletadas e analisadas nos questionários pôde-se apreender o perfil dos visitantes, a atratividade da região e um modelo de trilhas apropriado, conforme o Quadro 3.

Trilhas	Extensão/ km	Tempo/h	Dificuldade	Altitude máx	Cachoeira	Poço	Riacho/ Rio	Mirante	Ruínas	Caverna	Aves silvestres	Flores	Campo Rupestre	Mata Ciliar
Trilha do Garimpo	6 + 6*	1 dia	fácil	723m	x		x	x	x		x	x	x	x
Trilha Mucugê	6.5	1 dia	fácil-moderado	1168m			x	x	x		x	x	x	x
Trilha da Rampa do Cain	7 + 7	1 dia	moderado	1016m			x	x	x		x	x	x	x
Trilha do Califórnia	3.5 + 3	1 turno	fácil-moderado	645m	x		x	x	x		x	x	x	x
Trilha do Bagre-cego	3 + 3*	1 turno	fácil	726m				x	x	x	x	x	x	
Trilha do Rio Laranjeiras	3.3 + 3.3	1 turno	fácil	873m	x	x	x		x		x	x	x	x
Trilha Bom será	2.86 + 2.86	1 turno	fácil	761m				x	x		x	x	x	
Trilha Viturino - Pombos	3 + 3	1 turno e meio	fácil	819m	x		x	x	x		x	x	x	x
Trilha da Madalena de Baixo-usina	1.02 + 1.02	1/2 turno	fácil	746m		x	x	x	x		x	x	x	x
Trilha do Brejo-Verruga	1.1 + 1.1	1 turno	fácil	788m		x	x	x	x	x	x	x	x	
Trilha do Bambulim-Corrego da fumaça	1.5	1/2 turno	fácil	759m			x	x	x		x	x	x	
Trilha do Capão de Igatu	7.4	1 dia	moderado	963 m	x		x	x	x	x	x	x	x	x

* Possibilidade de retornar de carro.

Quadro 2 – Tabela comparativa do perfil turístico de 12 trilhas da região de Igatu

Fonte: Carvalho (2008)

Indicador	Perfil do visitante de Igatu	Perfil da atratividade	Modelo de trilhas
Gênero	Igualdade de gêneros	Tem preferências por atividades que exijam pouco esforço físico;	Trilhas com baixo grau de dificuldade;
Idade	Entre 30 e 50 anos		
Grau de instrução	3° grau completo		
Origem	Brasileiros (baianos)	Tem pouco tempo para visitação;	Trilhas rápidas e de fácil acesso;
Ocupação profissional	Profissionais Liberais		
Tempo de permanência	De 1 dia a 4 dias	Buscam por aspectos histórico culturais e contemplação da natureza;	Trilhas que aliam beleza cênica natural com aspectos históricos e culturais;
Intensidade da visitação	1° vez da visita		
Motivações	Meio ambiente natural, arquitetura e construções garimpeiras e a comunidade.	As aves são mais atrativas visualmente.	Trilhas que possibilitem uma melhor visualização de aves e seus recursos alimentares (flores e frutos), ou seja, áreas de campo rupestre (vegetação mais adequada para essa prática na região).
Grupo de animais mais vistos as trilhas	Aves e répteis.		

Quadro 3 – Perfil dos visitantes, da atratividade e modelo de trilhas da região de Igatu

Fonte: Carvalho (2008)

A construção da base de dados e geração dos mapas de evidências

A construção da base de dados consistiu na avaliação dos dados disponíveis e na seleção daqueles a serem utilizados na modelagem da atratividade turística da região. Foi construída uma base de dados em formato de SIG, formada por mapas de evidências, onde houve integração e sobreposição dos diferentes planos de informação. Em alguns casos foi necessário produzir algumas operações em ambiente de SIG para produzir mapas secundários mais adequados para a modelagem.

Inicialmente a base de dados foi formada por mapas digitais temáticos de vegetação (SFC, 2001), topografia e hidrografia (SEI, 1999), todos na escala de 1:100.000, bem como pelas trilhas e sítios turísticos resultantes do levantamento de campo.

A partir do mapa topográfico elaborou-se o Modelo Digital do Terreno (MDT), um modelo matemático que reproduz uma superfície real a partir de algoritmos e de um conjunto de pontos (x, y), em um referencial qualquer, com atributos (z) que descrevem a variação continua da superfície (CÂMARA *et al.*, 2001). Através do MDT foram derivados o mapa de classes de altitude ou hipsométrico, usando o módulo Convert to Grid/ ArcView GIS 3.3, e o mapa de declividade ou clinográfico, usando o módulo surface/ArcView GIS 3.3.

A modelagem espacial da atratividade ecoturística

A modelagem espacial da atratividade ecoturística foi realizada utilizando a combinação dos mapas de evidências através do método de inferência por Lógica *Fuzzy*, gerando um mapa de atratividade ecoturística adequado ao visitante da região.

De forma simples, pode-se caracterizar a Lógica *Fuzzy* como a que reconhece, mais do que simples valores de verdadeiro ou falso, onde níveis de incerteza e ambiguidade possam ser trabalhados. Com a Lógica *Fuzzy*, proposições podem ser representadas com gradientes de verdade e falsidade ou presença e não presença.

O método de inferência por Lógica *Fuzzy* foi o escolhido por atribuir um grau de pertinência ou favorabilidade dos diversos fatores estudados, modelando expressões imprecisas e qualitativas comumente atribuídas aos seres humanos, como o grau de atratividade turística de um lugar, em valores numéricos, permitindo que computadores sejam utilizados como sistemas inteligentes baseados na experiência humana.

Assim, a modelagem de dados pela Lógica *Fuzzy* requer o uso de operadores lógicos para a combinação dos membros *Fuzzy* (no caso deste trabalho, mapas), e são baseados em operadores de máximo e mínimo atendendo a um grupo de restrições padrão de união, intersecção, produto algébrico *Fuzzy,* complemento e operação gamma. A seguir, serão definidas as principais operações utilizadas.

União (Fuzzy OR)

Para esse operador lógico *Fuzzy*, o valor de saída para um dado ponto será o **maior** valor de entrada dos planos. Supondo os conjuntos A e B definidos por suas funções de pertinência, temos: $\mu A_{\text{È}} B(x)= \max\{ \mu A (x), \mu B (x) \}$. Esta definição é ilustrada na Figura 5.

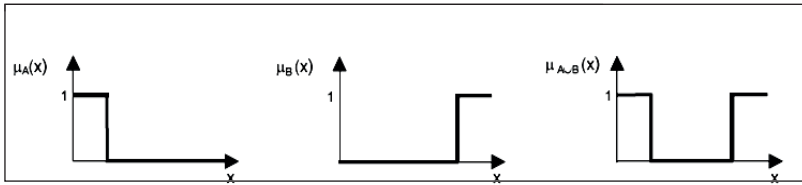



Figura 5 – Definição do operador lógico Fuzzy OR
Fonte: Carvalho (2008)

Intersecção (Fuzzy AND)

Este operador define que o ponto do plano de informação resultante terá como valor de saída o menor dos membros Fuzzy de entrada. Supondo os conjuntos A e B definidos por suas funções de pertinência, temos: μA∩B = min{ μA (x), μB (x),... }. Esta definição está ilustrada na Figura 6.

Produto algébrico Fuzzy (FuzzyPRODUCT)

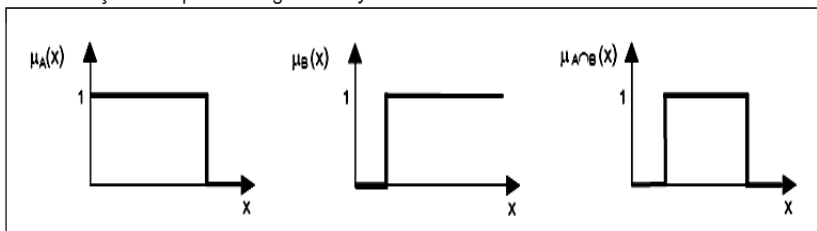



Figura 6 – Definição do operador lógico Fuzzy AND
Fonte: Carvalho (2008)

Este operador corresponde ao produto algébrico entre os valores dos elementos *Fuzzy* e seu resultado tende a ser menor

ou igual ao menor valor dos conjuntos combinados devido à multiplicação de valores menores que 1. Supondo os conjuntos A e B definidos por suas funções de pertinência, temos: $\mu A \cdot B = \mu A (x) \cdot \mu B (x)$.

Complemento (Fuzzy SUM)

Na soma algébrica o resultado é sempre maior ou igual ao valor de entrada de maior membro *Fuzzi* (μA). Supondo o conjunto A definido por sua função de pertinência, temos: $\mu Ac (x) = 1- \mu A (x)$. Esta definição está ilustrada na Figura 7.

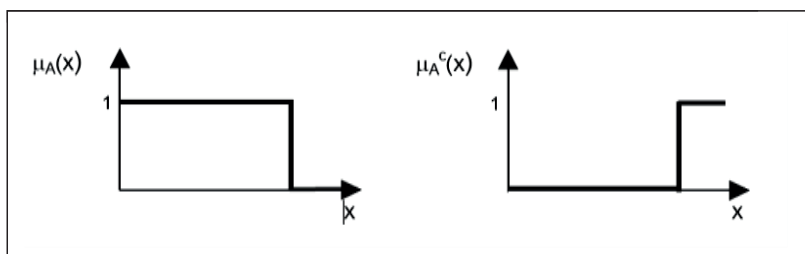



Figura 7 – Definição do operador lógico Fuzzy SUM
Fonte: Carvalho (2008)

Operação gamma (FuzzyGAMMA)

Este operador é formado pelo produto de dois operadores, um produto algébrico *Fuzzy* e uma soma algébrica *Fuzzy*, podendo-se variar a importância de cada operador, atribuindo-se valores entre (0,1) para cada expoente "γ", sendo que para $\gamma = 0$ o resultado se iguala ao *Fuzzy*PRODUCT, enquanto para $\gamma = 1$ o resultado é o mesmo que o da operação *Fuzzy*SUM. Sua função é expressa por: $\mu Gamma = (SUM)\ \gamma \cdot (PRODUCT)\ (\ \gamma -1\ )$.

Na metodologia da Lógica *Fuzzy*, mapas evidências podem ser combinados em uma série de passos em um sistema de inferências (fluxogramas), em vez da combinação em uma única operação. O sistema de inferências é, na verdade, um meio de simulação do processo lógico pensado por um especialista. Ou seja, são sistemas baseados em regras que utilizam variáveis linguísticas difusas (conjuntos difusos) para executar um processo de tomada de decisão. Nessa simulação, as evidências, ou membros da Lógica *Fuzzy*, são à base do conhecimento, e a rede de inferências combinada com os operadores Lógica *Fuzzy* é a engenharia das inferências (QUADROS, 2000 e CARVALHO, 2006).

Um sistema *Fuzzy* é baseado em regras *Fuzzy* e possui, basicamente, quatro componentes: um processador de entrada (ou *fuzzificador)*, um conjunto de regras linguísticas, um método de inferência *Fuzzy* e um processador de saída (ou *defuzzificador*), que gera um número real como saída. No diagrama abaixo, Figura 8, podem ser identificadas as funções dos blocos constituintes de um sistema.

O *fuzzificador* é o estágio onde as entradas do sistema são modeladas por conjuntos *Fuzzy* com seus respectivos domínios. As regras linguísticas, que se constituem em um aspecto fundamental no desempenho de um sistema de inferência *Fuzzy*, podem ser fornecidas por especialistas. Tanto o estágio de inferências, que ocorre às operações com conjuntos *Fuzzy*, referente aos antecedentes das regras, quanto o de saída, referente aos consequentes, podem ser definidos previamente ou, alternativamente, gerados automaticamente a partir dos dados (TANSCHEIT, 2007). Na *defuzzificação*, o valor da variável linguística de saída é traduzido por um valor real.

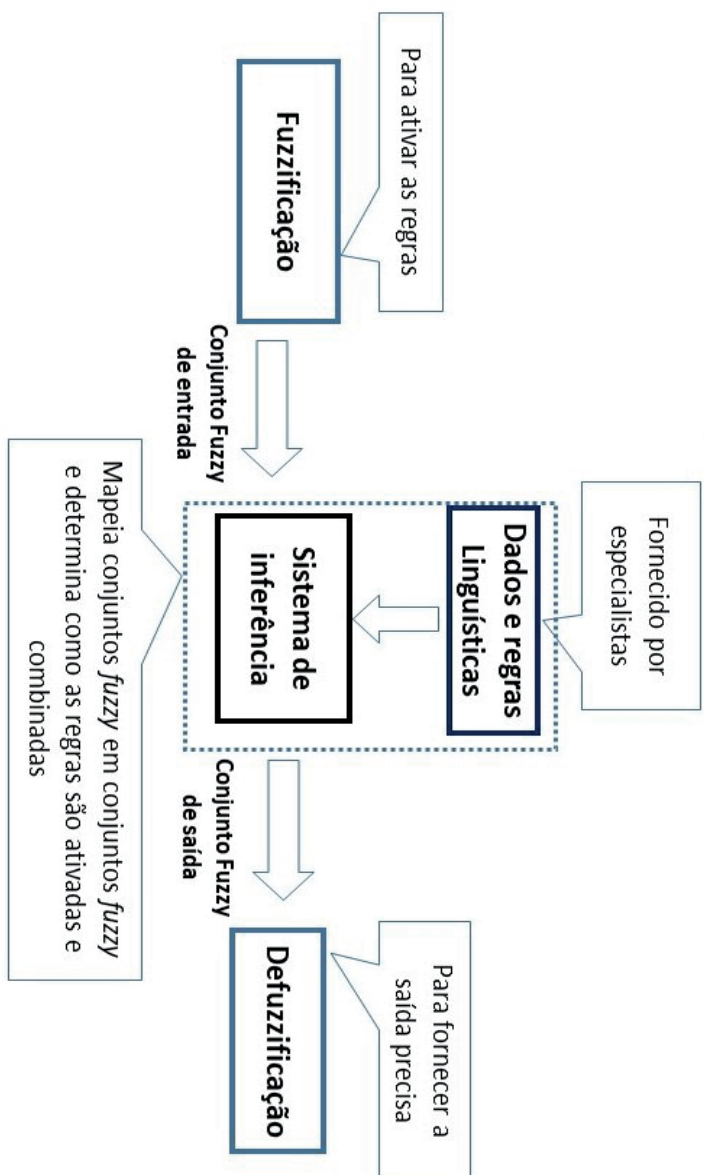



Figura 08 – Sistema de inteferência Fuzzy.
Fonte: adaptado de Tanscheit (2007)

Ou seja, para desenvolvimento da modelagem é necessário que os mapas de evidências sejam representados por uma função *Fuzzy*. Isto implica a elaboração de uma tabela de atributos relacionados às classes de cada mapa a um escore ou fator *Fuzzy* entre 0 e 1 (*a fuzzificação*). Estes valores são escolhidos subjetivamente para caracterizar o grau de pertinência de cada classe para atratividade turística, de acordo com o modelo exploratório anteriormente definido. Segundo Franca-Rocha (2001) estes valores são arbitrários e seguem unicamente o julgamento do especialista, representam a expectativa e a confiança que o especialista tem no modelo e nas evidências. Os valores máximos da escala difusa atribuída a cada mapa controlam também o peso relativo de cada evidência no processo de modelagem.

Para a atribuição dos pesos a cada classe dos mapas (fator de atratividade considerado), o embasamento foi a interação das informações sobre a atratividade turística da região, procedentes da análise do potencial atrativo das trilhas (etapa descrita anteriormente), e do modelo de atratividade e de trilhas específicos para o perfil dos visitantes de Igatu (através dos questionários). Esta interação serviu para gerar subsídios e critérios na escolha dos fatores mais atrativos turisticamente que devem ser combinados na modelagem.

Inicialmente foram utilizados para produção de mapas *Fuzzy* os seguintes mapas de evidências: mapa de vegetação, mapa hidrográfico, mapa hipsométrico, mapa de declividade, mapas das trilhas e sítios turísticos. Depois foram atribuídos escores nebulosos para cada classe de cada mapa e processados com o auxílio de operadores da lógica *Fuzzy*.

Os mapas são agrupados e combinados por estágios, formando mapas *Fuzzy* intermediários de cada um dos fatores: mapa *Fuzzy* de trilhas e sítios turísticos, mapa *Fuzzy* de atratividade da vegetação, mapa *Fuzzy* de acessibilidade turística, mapa *Fuzzy* ocorrência de cachoeiras e mapa *Fuzzy* hidrografia. Posteriormente os

mapas intermediários são combinados em uma única operação gerando o mapa final de atratividade ecoturística para a região de Igatu. Todos os procedimento para a obtenção do mapa final de favorabilidade da atratividade ecoturísticas para a região de Igatu estão organizados na Figura 9.

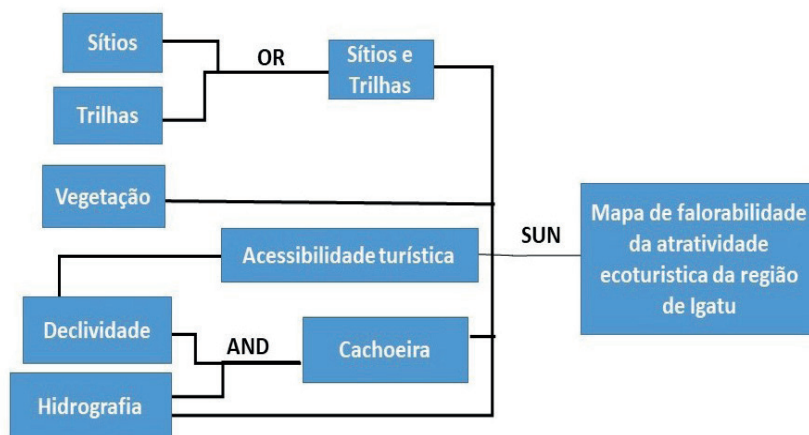



Figura 9 – Fluxograma de modelagem Fuzzy implementado
Fonte: Carvalho (2008)

Mapas Fuzzy dos fatores de atratividade

Sítios turísticos e trilhas

O fator sítios e trilhas foi gerado a partir do operador *Fuzzy*OR nos mapas de trilhas e sítio turísticos (Figura 10). No mapa resultante foram atribuídos dois buffers de 25 metros para os sítios e as trilhas, onde os graus de pertinência *Fuzzy* são atribuídos em função da proximidade com os sítios e as trilhas, ou seja, os sítios e trilhas possuem valor nebuloso 1, os primeiros 25 metros valor 0,8 e os últimos 25 metros valor 0,5.

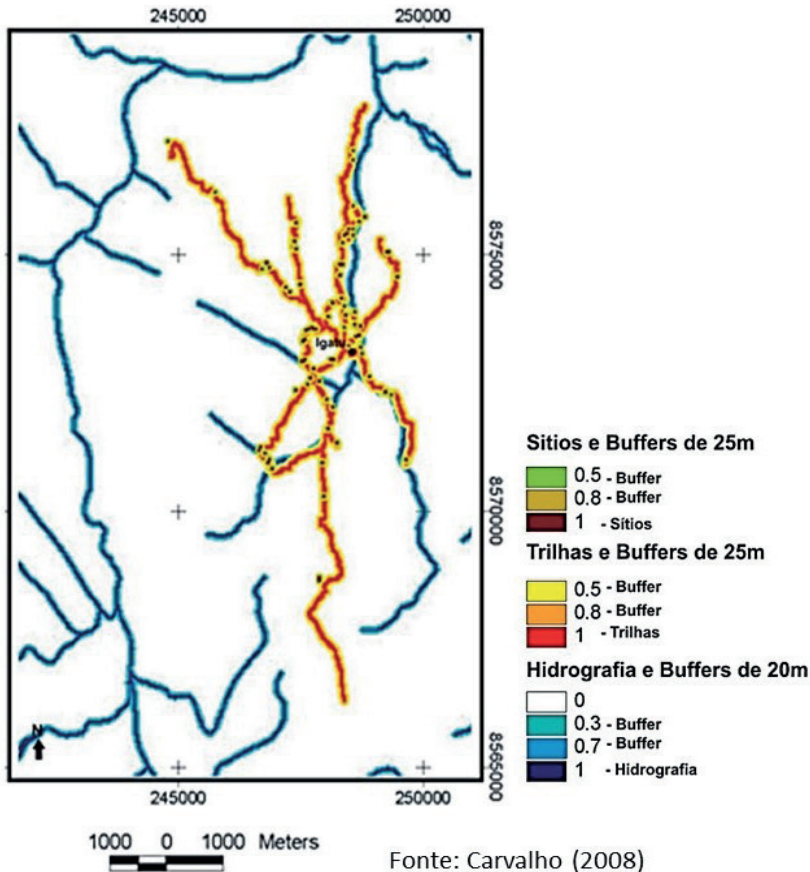



Figura 10 – Mapa Fuzzy de atratividade das trilhas, sítios e hidrografia da região da Igatu.

Fonte: Carvalho (2008)

Os buffers foram implantados em função do raio espacial de contato, tanto visual ou físico, que o visitante pode ter durante as trilhas e nos sítios com ruínas de casas garimpeiras e garimpos (Foto 3), corpos d'água, vegetação e visualização de animais (aves), sendo assim definido, por conversão, os 25 metros por buffer.

Foto 3 – Sítio Ruínas do bairro Luis dos Santos na antiga Trilha do Garimpo
Fonte: Carvalho (2008)

Hidrografia e ocorrência de cachoeiras

A hidrografia representa um atrativo natural muito importante para a visitação turística. Foram atribuídos no mapa *Fuzzy* de hidrografia dois buffers de 20 metros para a classe hidrografia, onde foi determinado um valor nebuloso 1 para o rio (hidrografia), um valor 0,7 para os primeiros 20 metros que envolvem o rio; para o segundo buffer, um valor 0,3 e o valor 0 para a ausência de hidrografia (Figura 10). O buffer de 20 metros foi atribuído para abranger a área de matas ciliares, que, segundo Funch *et al.*, (2005), são matas que acompanham as calhas dos rios, em faixas relativamente estreitas e úmidas, que raramente ultrapassam 25 metros de largura (Foto 4).

Foto 4 – Faixa de mata ciliar sobre as margens do Rio Coisa Boa
Fonte: Carvalho (2008)

Nas trilhas estudadas, a água é encontrada nos rios, córregos, riachos e barragens — natural ou produzida pela ação garimpeira —, que, a depender das condições do relevo (como a declividade do terreno, Figura 11) e do período da estação chuvosa (outubro a março), pode formar cachoeiras, quedas, poços e brejos (CARVALHO, 2008).

O fator cachoeiras representa um modelo para possíveis locais com ocorrências desse acidente geográfico. Foi gerado a partir do operador *Fuzzy*AND nos mapas de declividade (Figura 12) e hidrografia, em que os pesos atribuídos para cada classe de declividade foram correspondidos em uma escala nebulosa, onde quanto mais próximos os valores de cada classe de 1, declividades acima de 27º, maior será a possibilidade de ocorrência de cachoeiras (Figura 12).

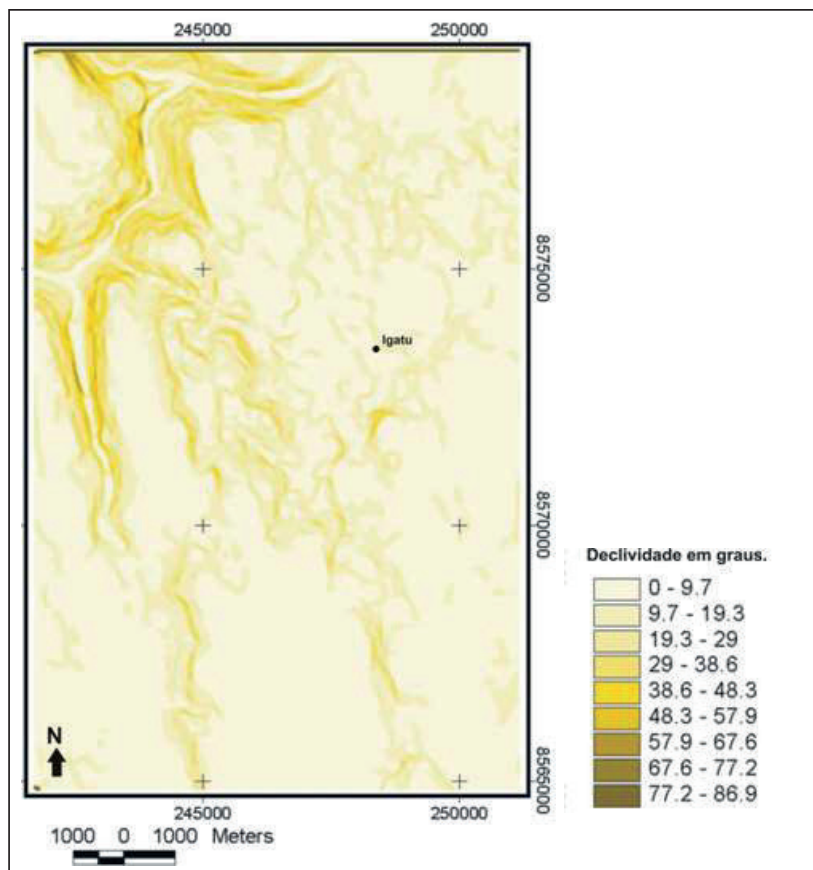



Figura 11 – Mapa de declividade da região de Igatu.
Fonte: Carvalho (2008)

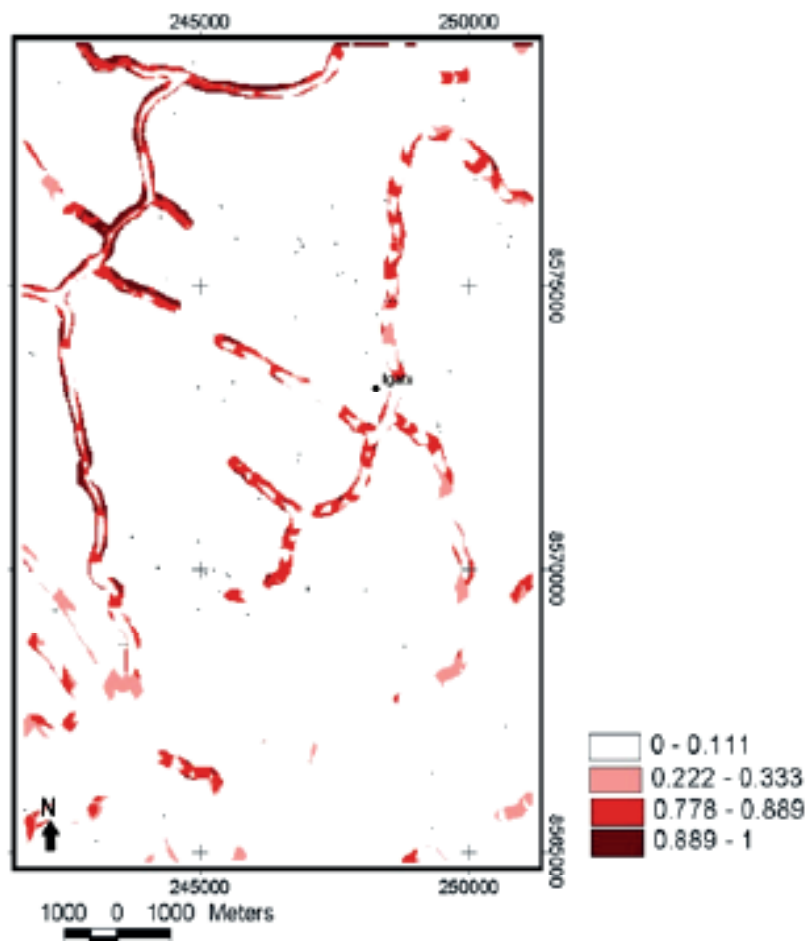



Figura 12 – Mapa Fuzzy de possibilidade para a ocorrência de áreas encachoeiradas da região de Igatu
Fonte: Carvalho (2008)

Vegetação

O tipo de vegetação permite a maior ou menor possibilidade de observar plantas e flores exóticas ou animais em áreas naturais, principalmente as aves que são visivelmente mais frequentes. O mapa de vegetação (SFC, 2001) utilizado apresenta sete categorias de cobertura vegetal e uso do solo (Figura 13) — caatinga arbórea densa, campo limpo, campo rupestre, floresta estacional, cerrado, agropecuária e área urbana — havendo predomínio do campo rupestre na área das trilhas. Para garantir que as interfaces entre as categorias de cobertura vegetal e uso do solo fossem avaliadas, foram geradas faixas de transição de 50 metros entre essas categorias

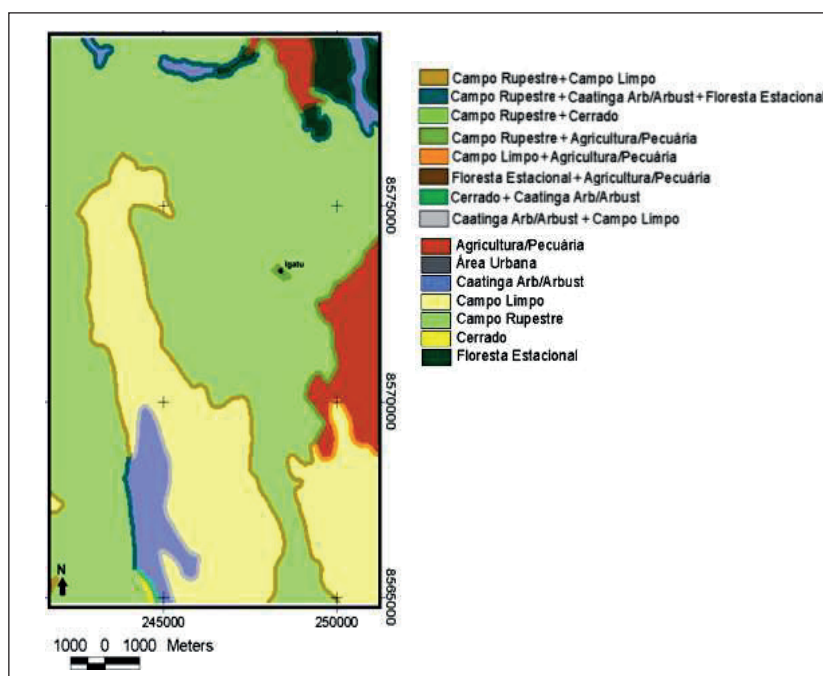



Figura 13 – Mapa de vegetação e uso do solo da região de Igatu.
Fonte: Carvalho (2008)

A fuzzificação do mapa de vegetação resultou no mapa *Fuzzy* (ou fator) de atratividade da vegetação (Figura 14). Esse mapa contêm os pesos ou valores nebulosos para cada classe de cobertura vegetal e suas faixas de contato, em função do seu grau de atratividade ecoturística para observação de fauna e flora, determinados através das análises do potencial de atratividade das trilhas e do perfil dos visitantes.

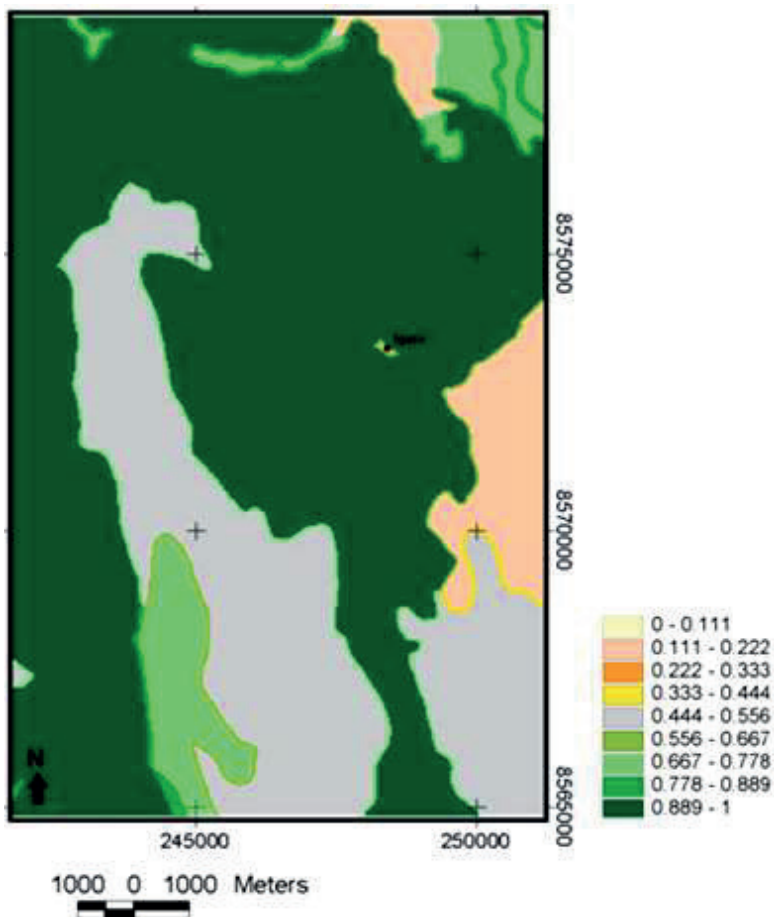



Figura 14 – Mapa Fuzzy de atratividade ecoturistica da vegetação da região de Igatu
Fonte: Carvalho (2008)

Na Tabela 1 podem ser encontrados os graus de pertinências atribuídos às classes de cobertura vegetal e suas faixas de contato.

Nas classes de campo rupestre e cerrado foram atribuídos os maiores valores *Fuzzy*, 1 e 0.8, respectivamente. O primeiro, devido à melhor visualização de aves e seus recursos alimentares (flores e frutos), e o cerrado, por apresentar características semelhantes ao primeiro. Para as classes de caatinga arbórea arbustiva e floresta estacional foi aplicado o valor *Fuzzy* 0,7, por apresentarem uma estratificação mais densa, dificultando a observação de animais. Aoacampo limpo, devido à sua fisionomia campestre e menos diversificada, foi atribuído o peso *Fuzzy* 0,5. Já às classes agropecuária e área urbana (Vila de Igatu) foram atribuídos os menores valores *Fuzzy* (0,2), apesar de não nulos, pois apresentam plantas exóticas nos jardins e possibilidade de observação de animais. As classes de contato receberam valores *Fuzzy* intermediários entre os pesos de seus contatos.

Acessibilidade turística

O mapa *Fuzzy* de acessibilidade turística (Figura15) representa espacialmente os níveis de dificuldade de acesso para os visitantes da região de Igatu, que preferem atividades que exijam pouco esforço físico e trilhas com baixo grau de dificuldade.

Para o mapa da Figura 15, foi definida uma classificação da acessibilidade em função do grau de dificuldade que os visitantes teriam para se locomover livremente, devido à declividade (CIFUENTES,1992, apud SILES, 2003). Os pesos atribuídos a cada classe de declividade foram correspondidos em uma escala nebulosa, onde quanto mais próximos os valores de cada classe de 1, melhor será a acessibilidade (Tabela 2).

Tabela 1 – Classes da cobertura vegetal do mapa *Fuzzy* de atratividade ecoturística

Classes da cobertura vegetal	Valores nebulosos	Atratividade
Campo rupestre	1	Muito Alta
Campo Rupestre + Cerrado	0,9	Muito Alta
Campo rupestre + Caatinga arbórea + Floresta estacional.	0,85	Muito Alta
Cerrado	0,8	Alta
Cerrado + Caatinga arbórea arbustiva	0,75	Alta
Campo rupestre + Campo limpo	0, 75	Alta
Caatinga arbórea arbustiva	0,7	Média
Floresta estacional	0,7	Média
Caatinga arbórea arbustiva + Campo limpo	0,6	Média
Campo rupestre + Agropecuária	0,6	Média
Campo limpo	0,5	Baixa
Agropecuária + Floresta estacional	0,45	Baixa
Campo limpo + Agropecuária	0,35	Muito Baixa
Agropecuária	0,2	Muito Baixa
Área urbana (vila de Igatu)	0,2	Muito Baixa

Fonte: Carvalho (2008)

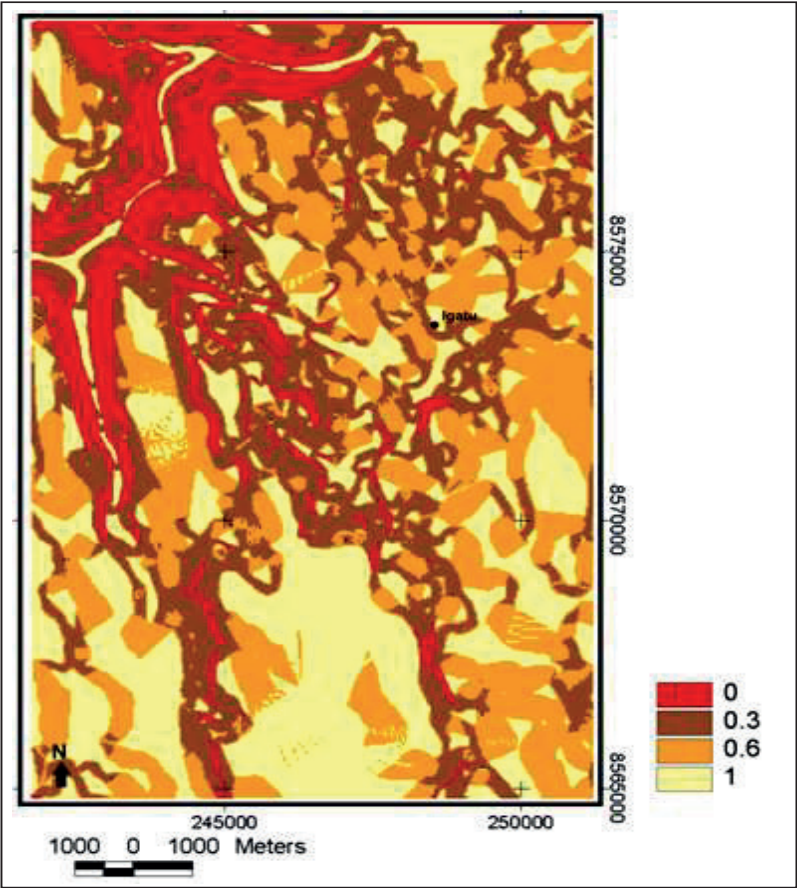



Figura 15 – Mapa Fuzzy de acessibilidade turística da região de Igatu.
Fonte: Carvalho (2008)

Tabela 02

Classes de Declividade, em graus.	Valores nebulosos	Grau de dificuldade
< 3°	1	Baixo
≥ 3° e < 9 °	0,6	Moderado
≥ 9° e < 27 °	0,3	Alto
≥ 27°	0	Muito Alto

Fonte: Carvalho (2008)

Analisando pelo oposto, turistas dos esportes de aventura como escalada (Foto 5), que começam a aparecer na área, darão destaque às maiores declividades, mesmo que o acesso a elas seja também importante.

Foto 5 – Guia local e visitante praticando escalada em paredão na trilha do Califórnia

Fonte: Página do Igatur retirada da internet1

Mapa Fuzzy da atratividade ecoturística da região de Igatu

Utilizando o operador *Fuzzy*SUM na combinação dos mapas intermediários representados pelos fatores trilhas e sítios turísticos, atratividade da vegetação, acessibilidade turística, ocorrência de cachoeiras e hidrografia, gerou-se o mapa *Fuzzy* da favorabilidade da atratividade ecoturística da região de Igatu (Figura 16). No mapa foram geradas nove classes quantificadas de favorabilidade à atratividade, em termos de valores ou escores de pertinência a uma escala nebulosa entre 0 e 1, identificados pelas cores correspondentes na legenda.

Os escores *Fuzzy* próximos de 1 ou 0 refletem um alto grau de certeza a serem considerados ou não como áreas atrativas, enquanto às áreas com escores entre 0.4 e 0.6 se atribuem um alto grau de incerteza.

Este operador produziu estimativas otimistas para o tipo de atratividade ecoturística que foi estipulada para a área estuda. Observa-se no mapa e em sua legenda a predominância de áreas que apresentam valores *Fuzzy* acima de 0.7, cerca 11.584 hectares, representando, assim, alta favorabilidade à atratividade para a região. Essas áreas estão representadas pela integração das classes mais atrativas e que ocorrem em maior quantidade nos mapas intermediários, merecendo destaque para áreas de ocorrência de trilhas e sítios, rios, cachoeiras, vegetação de campo rupestre e declividades menores que 9º.

Às áreas que foram atribuídos escores *Fuzzy* menores que 0.2 (cerca de 1.190 hectares), em sua maioria, são identificadas como áreas cuja declividade dificulta o acesso para o tipo de visitante que mais ocorre na região, tendo como exemplo o vale encaixado do Paraguaçu na direção oeste e noroeste do mapa. Mas pode ser atrativo para um outro perfil de visitante, representado por pessoas que possuem bom condicionamento físico e são praticantes de esportes de aventura.

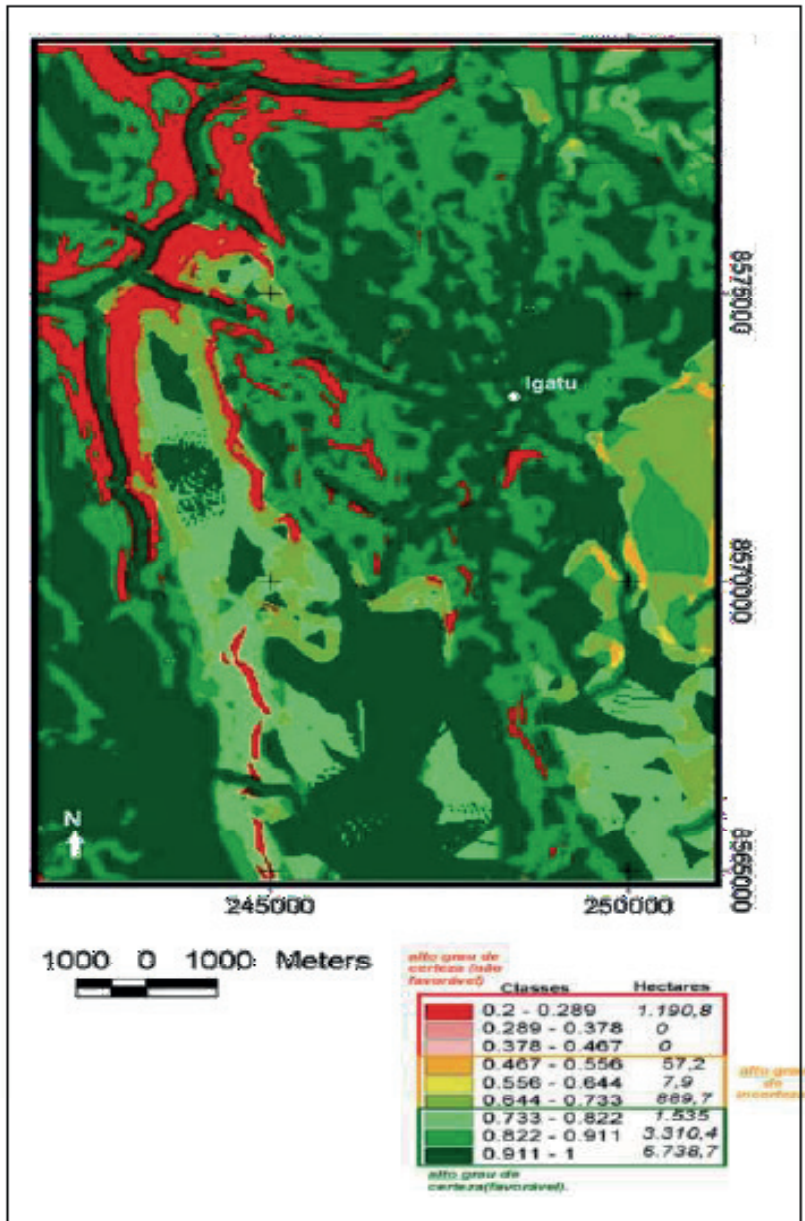



Figura 16 – Mapa Fuzzy da favorabilidade da atratividade ecoturística da região de Igatu.

Fonte: Carvalho (2008)

As áreas com escores que apresentam alto grau de incerteza, em relação à atratividade turística, apenas 954,8 hectares, em sua grande parte, foram representadas por agropecuária na porção leste do mapa. Essas áreas devem ser mais estudadas para que possam ser melhor aproveitadas.

Portanto, ao espacializar níveis de atratividade ecoturística, a modelagem identificou uma enorme quantidade de áreas muito relevantes para a atividade ecoturistica (84,4% da área estudada), que devem ser planejadas, tanto para o uso turístico como para o de preservação e educacão ambiental. Foram também identificadas áreas onde é necessário investigar a sua vocação atrativa ou agregar infraestrutura que as tornem potencialmente atrativas para o segmento de turismo que se desenvolve na região —, ou, ainda, discutir a ampliação destes segmentos através de politicas turísticas direcionadas.

As trilhas

As trilhas da região de Igatu, outrora "veias" essenciais para a dinâmica da atividade garimpeira, interligando garimpos, povoados e cidades, hoje são fundamentais para um novo modelo de desenvolvimento, que chega à vila a passos lentos, pelos mesmos caminhos físicos do passado, mas que busca uma outra riqueza.

A flora, a fauna, os rios e a beleza cênica de suas paisagens são fortes atrativos que, aliados a todo o patrimônio histórico-cultural, compõem as trilhas e dão suporte ao turismo que hoje remodelam a vila e vida dos moradores.

Para que a atividade ecoturistica possa se desenvolver de forma planejada, organizada e sustentável, torna-se indispensável a implantação de um sistema de trilhas. Segundo Pagani *et al.*, (2001), um sistema de trilhas é um conjunto de caminhos e percursos construídos com diversas funções, desde a vigilância até

o turismo. Ainda segundo esses autores, apesar de sua importância para a conservação dos recursos e das facilidades oferecidas, poucas são as regiões turisticas, ou unidades de conservação, que possuem sistemas de trilhas, ou simplesmente trilhas para o desenvolvimento do ecoturismo.

Igatu e região possuem a vantagem de já existir toda a parte física de seu conjunto de trilhas, herança da atividade garimpeira que equipou as suas vias com canais laterais de escoamento de água, passarelas, pontes, barragens, calçamentos, escadas e possivéis pontos de apoio para pernoite e descanso (tocas garimpeiras), mas que necessitam de manuteção e sinalização visando à segurança do excursionista e dos recursos das áreas atravessadas pelas trilhas.

Com base nesse contexto, este capítulo demostrou avaliar o potencial ecoturístico das antigas trilhas garimpeiras da Vila de Igatu e entorno, na pespectiva de contribuir para o melhor desenvolvimento e gestão da atividade ecoturística, próspera na região, por parte dos moradores locais e administradores do Parque Nacional da Chapada Diamantiva.

O método dividido em três etapas distintas — inventário e avaliação da atratividades das trilhas, análise do perfil e das preferências de atratividade do visitante e modelagem espacial do potencial ecoturistico da região — que se complementam, faz um diagnóstico espacial de outras áreas com caracteristicas de atratividades propícias ao tipo de visitante específico de Igatu. Mas também permite a identifica**ção de** outras potêncialidades e outros prováveis perfis de visitantes, uma flexibilidade ao incorporar novos dados, em função de possíveis mudanças nos critérios utilizados ou da necessidade de manejos diferentes da área. Um exemplo é a existência de sítios bem qualificados para a prática de escalada em paredões rochosos, uma atividade ainda raramente praticada pelos visitantes que procuram Igatu como destino ecoturistico.

Assim, torna-se possível estabelecer itinerários turísticos na região, através de um sistema de trilhas, ressaltando a presença

da fauna, flora e estruturas geológicas de alto interesse educativo, indicando nichos de elevado valor natural. Também é possível ressaltar aspectos de monumentos culturais e históricos, ou ainda quantificar a informação através da hierarquização da atratividade dos recursos que podem ser turísticos.

Portanto, as informações inventariadas e contidas neste trabalho ganham um patamar mais elevado de análise, porque são próprias para atender à necessidade de diagnóstico turístico da região.

O direcionamento do turismo para pequenas localidades, como a Vila de Igatu, pode contribuir para uma melhor distribuição de renda, eficiência econômica e preservação da natureza, mediante a adoção de políticas públicas que incluam a participação de todos no processo de desenvolvimento do turismo local.

Referências

ANDRADE, C. da S. (2005). No meio do caminho tinha uma pedra: memória, turismo e o m*ístico* na paisagem de Xique-Xique de Igatu, Andaraí-BA. Dissertação (Mestrado em Cultura e Turismo). UESB, Ilhes. 178p.

BAHIATURSA – Empresa de Turismo da Bahia S/A. (2007). PRODETUR I – Mapa de oportunidades de investimentos turísticos nas zonas turísticas *da* Bahia. Salvador. Disponível em: <http://www.setur.ba.gov.br/opinv_zona.asp>. Acesso em: 24 abr. 2007.

BRASIL (1994). *Diretrizes para uma política nacional de ecoturismo*. BARROS; PENHA (Coord.) Brasília: Embratur.

BRANDOM, K. (1995). Etapas básicas para Incentivar a participação local em projeto de turismo na natureza. In: LINDERMBERBERG, K; HOWKINES, D.; (Orgs.). *Ecoturismo*: um guia para planejamento e gestão. São Paulo: Atlas, p. 223-252.

BRITO, F. E. M. (2005). *Os ecos contraditórios do turismo na Chapada Diamantina*. Salvador: Edufba.

CÃMARA, G. *et al.*, (2001). *Introdução à ciência da geoinformação.* 2. ed. **São José dos Campos:** INPE.

CARVALHO, H. D. S. e NOLASCO, M. C. (2007). Potencial turístico de antigas trilhas garimpeiras em Igatu, Parque Nacional da Chapada Diamantina-BA. **Global Tourism**, v. 3, n. 2.

CARVALHO, H. D. S. (2008). Modelagem espacial do potencial turístico de antigas trilhas garimpeiras na Vila de Igatu, Chapada Diamantina, BA. Dissertação (Mestrado), Programa de Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente – PPGM, Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS, Feira de Santana, BA. 236p.

CEBALLOS-LASCURAIN, H. (1987). The Future of Ecotourism. **Mexico Journal**, January: 13-14. México.

CHRISTOFOLETTI, A. (1999). *Modelagem de sistemas ambientais*. São Paulo: Editora Edgard Blucher.

CPRM (1994). Projeto Chapada Diamantina. Parque Nacional da Chapada Diamantina-BA: Informações b***ásicas para a*** gestão territorial. Diagnóstico do meio físico e da vegetação. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM. Salvador: Ibama.

FARIAS, D. S. e CARNEIRO, K. S. (2001). *Sustentabilidade ecológica no turismo*. Brasília: Editora Universidade de Brasília.

FRANCA-ROCHA, W. de J. S. (2001). Modelagem metalogenética na Bacia de Irecê (BA) por meio do Sistema de Informações Geográficas (SIG). Tese (Doutorado em Geologia) – UFBA, Salvador, BA. 219p.

FENNELL, D. (2002). *Ecoturismo*: uma introdução**.** São Paulo: Editora Contexto. 281p.

FREITAS, W. F., MAGALHÃES, L. M. S. GUAPYASSÚ, M. S. (2002). *Potencial de uso público do Parque Nacional da Tijuca*. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 6. Maringá, p. 1833-1842.

FREITAS, W.K. (1999). O estudo das preferências paisagísticas como instrumento de **ação no manejo de áreas silvestres.** In: *Seminário de unidades de conservação*: diagnose atual e perspectivas futuras. Rio de Janeiro: CREA-RJ. (apresentação oral)

FUNCH, L. S., FUNCH, R. R., HARLEY, R. M., GIULIETTI, A. M., QUEROZ. L. P., FRANÇA, F., MELO, E., GONÇALVES.

e SANTOS, T. (2005). Florestas estacionais semideciduais. In: *Biodiversidade e conservação da Chapada Diamantina.* Ministério do Meio Ambiente, Série Biodiversidade 13, Brasília, DF. 411p.

MAGRO, T. C. FREIXÊDAS, V. M. (1998).Trilhas: como facilitar a seleção de pontos interpretativos. **Circular Técnica IPEF**. 186p.

MOURÃO, R. M. F. (2004) *Ecoturismo e turismo sustentável.* In: MOURÃO, R. M.

F. (Org.). *Manual de melhores práticas para o ecoturismo*. FUNBIO; Instituto ECOBRASIL, Programa MPE, Rio de Janeiro, RJ.

KATAOKA, S. Y. (2004). *Indicadores da qualidade da experiência do visitante no Parque Estadual da Ilha Anchieta*, Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais, om opção em Conservação de Ecossistemas Florestais) – Escola Superior de Agricultura, Piracicaba, SP. 97p.

KINKER, S. (2002). *Ecoturismo e conservação da natureza em parques nacionais.* São Paulo: Papirus. 224p. (Coleção Turismo, Campinas).

PAGANI, M., SCHIAVETTI, A., MORAES, M. E. B., TOREZAN, F. H. (2001). As trilhas interpretativas da natureza e o ecoturismo. In: LEMOS, I. G. de L. (Org.). *Turismo e impactos socioambientais*. São Paulo: Editora Hucitec.

QUADROS, T. F. P.(2000). Integração de dados em ambiente SIG para Mapeamento de Favorabilidade Mineral de Ouro na Ilha de Cristalina de Rivera (Uruguai). Tese (Doutorado em Engenharia de Minas) – UFRGS, Porto Alegre. 259p.

SAMPAIO, E. P. N. (2004). *Ventura*: dos diamantes ao ecoturismo? Estudo de caso do potencial ecoturistico do distrito de Ventura, Morro do Chapéu, Chapada Diamantina-Ba**.** Dissertação (Mestrado em Cultura e Turismo) –UESB, Ilhes. 214p.

SALVATI, S. S. (2002) Turismo responsável como instrumento de desenvolvimento e conservação da natureza. In: BORN, Rubens (Org.). *Diálogos entre a esfera global e local*: contribuições de organizações não governamentais e movimentos sociais brasileiros para a sustentabilidade, equidade e democracia planetária. São Paulo: Peirópolis.

SEI (1999a). *Base Cartográfica Digital do Estado da Bahia. Folha Lençóis.* [Cd-rom.] Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. Salvador, BA.

SEI. (1999b*). Base Cartográfica Digital do Estado da Bahia. Folha Mucugê.* [Cd-rom.] Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. Salvador, BA.

SCT (2007). *Secretaria da Cultura e Turismo do Estado da Bahia*. Indicadores de desempenho do turismo. Salvador, BA. Disponível em: <http://www.sct.ba.gov.br/estatisticas/analise_desempenho.asp>. Acesso em: 24 abr. 2007.

SFC (2001). Sistema de informação sobre recursos hídricos – SIRH. SRH. Vol. 1 – SIG. PERH – Plano Estadual de Recursos Hídricos. Bahia.

TANSCHEIT, R. (2007). Sistemas *Fuzzy*. Disponível em: <http://www.ica.ele.puc-rio.br/cursos/download/ICA-cursop7Defuzzifica%C3%A7%C3%A3o.pdf> Acesso em: 02 out. 2007.

VEIGA, T. C. & XAVIER-DA-SILVA, J. (2004). Geoprocessamento aplicado à desertificação de ***áre***as potenciais para atividades turísticas: o caso do município de Macaé. In: *Geoprocessamento & análise ambiental*: aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

WTO (1998). Guide for Local Authorities on Developing Sustainable Tourism, Madrid: WTO, p. 194. Disponível em: <https://sites.google.com/site/igatur/atividadesetrilhas/escaladasemigatu>. Acesso em: 27 jun. 2020.

Diagnóstico das condições sanitárias em comunidades extrativistas da RESEX marinha Baía do Iguape, Bahia

Pedro Silvestre Pascoal Junior
Carlos César Uchôa de Lima
Taíse Bomfim de Jesus
Willian Moura de Aguiar
Jocimara Souza Britto Lobão

Introdução

O desenvolvimento da agricultura, da indústria e a diversificação dos usos múltiplos da água introduziram novos tipos de sua apropriação e utilização pela humanidade, produzindo estresse ou escassez hídrica em várias partes do mundo (TUNDISI, 2014). De modo geral, a aceleração da expansão urbana, sem o devido cuidado com o uso da água e dos reservatórios hídricos naturais, tende a agravar a degradação de rios e o aterramento de lagoas em áreas urbanas, por exemplo. À medida que há crescimento econômico e populacional, menos se respeita o ciclo natural da água e, em consequência, essa vai se degradando e se tornando imprópria para consumo (BARROS e AMIN, 2008, p. 78).

Segundo o Relatório Mecanismo Interagencial das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO, 2015), há necessidade urgente de se mudar a forma como usamos e gerenciamos esse recurso vital, em face da sempre crescente demanda e da exploração excessiva de reservas hídricas. Para Braga *et al*., (2014), é necessário que novas estratégias sejam determinadas para viver e interagir com o ambiente, para garantir

que haverá água potável suficiente, ao invés de restrita, para atender às futuras gerações.

O problema relacionado à degradação dos recursos hídricos torna-se ainda mais delicado, quando o uso inadequado dos reservatórios naturais ocorre em unidades de conservação. No Brasil, o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), criado em 2000 pelo governo federal, estabeleceu os critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação no país. O SNUC é constituído pelo conjunto das unidades de conservação federais, estaduais e municipais (SNUC, 2000, p. 7).

As unidades que integram o SNUC são divididas em dois tipos, o de Proteção Integral, cujo objetivo é a preservação da natureza com pouca ou nenhuma intervenção humana, e o de Uso Sustentável, que prevê a utilização dos recursos naturais com vistas à sustentabilidade. Na primeira categoria, os ambientes são estritamente protegidos, tendo como principal objetivo a preservação da biodiversidade. Já a categoria de uso sustentável, segundo Rylands e Brandon (2005), permite variadas formas de uso ou extração dos recursos, com a proteção da biodiversidade como um objetivo secundário.

Constituindo-se segundo a classificação do SNUC como uma unidade de uso sustentável, a Reserva Extrativista – RESEX – Marinha Baía do Iguape, que abrange ambiente estuarino localizado à montante da Baía de Todos os Santos, no estado da Bahia, região Nordeste do Brasil, encontra-se rodeada por uma série de povoados que se valem de seus recursos nas atividades de pesca e mariscagem. A RESEX Marinha da Baía do Iguape tem por objetivo garantir a exploração sustentável e a conservação dos recursos naturais renováveis tradicionalmente utilizados pela população extrativista da área (BRASIL, 2000, p. 2).

Contudo, essas metas de conservação e uso sustentável das Unidades de Conservação por parte das comunidades tradicionais nem sempre são atingidas. Essa perspectiva foi abordada por Santos (2008), segundo o qual não se pode pensar que toda cultura

tradicional se relaciona de maneira ecologicamente sustentável mantendo a instabilidade dinâmica dos ecossistemas. Para Bernard *et al.*, (2014), apesar do crescimento de áreas protegidas no Brasil, a fragilidade das políticas de conservação e gerenciamento pelos órgãos responsáveis compromete a manutenção dessas unidades para o futuro.

Um dos problemas que mais afetam os ambientes naturais no país é a falta de um sistema de saneamento básico nas residências e o descarte inadequado do esgoto sanitário nos corpos hídricos adjacentes. O lançamento desses efluentes nos corpos hídricos compromete a qualidade e os usos das águas, causando implicações danosas à saúde pública e ao equilíbrio do meio ambiente (ANA, 2017).

Para a Organização Mundial da Saúde (OMS), saneamento refere-se ao fornecimento de instalações e serviços para o gerenciamento e descarte final seguro de excrementos humanos e resíduos sólidos.

No Brasil, a oferta do saneamento básico é regulamentada pela Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, que estabelece as respectivas diretrizes nacionais e sua política federal. Segundo essa legislação, tal conceito compreende o conjunto de serviços, obras de infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, bem como drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

Por outro lado, o Relatório de 2019 da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD Contínua), produzido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), aponta que 85,5% da população possuem, em suas moradias, rede geral de distribuição de água como principal forma de abastecimento, e 68,3%, rede geral de esgotamento sanitário ou fossa séptica, ligada à rede. Contudo, o mesmo documento ressalta que em relação aos últimos valores apresentados, não se considera se o referido sistema dispõe de estação de tratamento da matéria esgotada.

Nesse cenário, a falta dos serviços elencados acarreta impactos na saúde humana e contaminação do meio ambiente que serve

como destinação de tais dejetos. Dados divulgados pela OMS, em parceria com o Fundo das Nações Unidas para a Infância (Unicef), em 2019, informam que um saneamento precário reduz o bem-estar humano, o desenvolvimento social e econômico, as oportunidades educacionais e constitui um fator de transmissão de doenças como cólera, diarreia, disenteria, hepatite A, febre tifoide e poliomielite. A OMS (2019) estima que melhorias na gestão de água potável, saneamento, higiene e recursos hídricos podem resultar na redução de quase 10% da carga total de doenças em todo o mundo, razão pela qual afirma que, para cada dólar investido em água e saneamento, são economizados 4,3 dólares em custos de saúde no mundo. Assim, ao promover benefícios ambientais relacionados à agua e ao saneamento, Deguignet *et al.*, (2014), ressalta que a redução da poluição dos recursos hídricos gera um impacto positivo na manutenção dos ecossistemas aquáticos, atividade pesqueira, expansão do turismo e riscos à saúde.

O objetivo deste estudo foi realizar um diagnóstico das condições sanitárias nas comunidades de Santiago do Iguape e São Francisco do Paraguaçu, localizadas na RESEX Marinha Baía do Iguape, destacando o abastecimento de água, a coleta de resíduos sólidos, o escoamento de águas pluviais e o descarte de águas residuárias. Além disso, foi realizado o diagnóstico de qualidade das águas da baía, em pontos próximos à comunidade mais populosa, de forma a avaliar os danos ambientais provocados por carência nas condições sanitárias.

Metodologia

Área de estudo

O estudo foi realizado na Reserva Extrativista – RESEX – Marinha Baía do Iguape, localizada no baixo curso do Rio

Paraguaçu, entre as cidades de Cachoeira e Maragogipe, e corresponde a uma sub-baía da Baía de Todos os Santos, distando, aproximadamente, 100 km da capital, Salvador, no estado da Bahia. Para a realização desta pesquisa, foram selecionadas duas localidades pertencentes a esta unidade de uso sustentável situadas no município de Cachoeira: as vilas de Santiago do Iguape e São Francisco do Paraguaçu (Figura 1).

Configurada como unidade distrital distante 37 km da sede do município de Cachoeira, Santiago do Iguape está situada à margem esquerda do Rio Paraguaçu, na RESEX Marinha Baía do Iguape e se configura como uma comunidade extrativista, composta, segundo a Associação dos Moradores de Santiago do Iguape, de aproximadamente 2.500 habitantes. O povoado de São Francisco do Paraguaçu possui cerca de 400 moradias e 1.600 residentes, conforme a Associação dos Moradores e situa-se a 6 km de Santiago do Iguape e 43 km da sede municipal de Cachoeira. A economia de ambas as localidades é caracterizada essencialmente pelo extrativismo local, com a existência também de pequenos agricultores e ocorrência de pequenos pontos comerciais.

Quanto à distribuição da população, a RESEX apresenta uma série de localidades: a sede municipal (Maragogipe), 5 distritos (1 na cidade de Cachoeira e 4 em Maragogipe) e cerca de outros 20 povoados, distribuídos em Cachoeira, São Félix e Maragogipe. Segundo informações da Secretaria de Gerenciamento da RESEX Baía do Iguape, vinculada ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio/MMA), 15 mil pessoas se utilizam das atividades de pesca e mariscagem como fonte de renda e subsistência nesta unidade. Porém, outros estudos, como os produzidos por Prost (2011), estimam que cerca de 20 mil pessoas trabalham com pesca e coleta de mariscos, distribuídos nas comunidades que atuam nessa área.

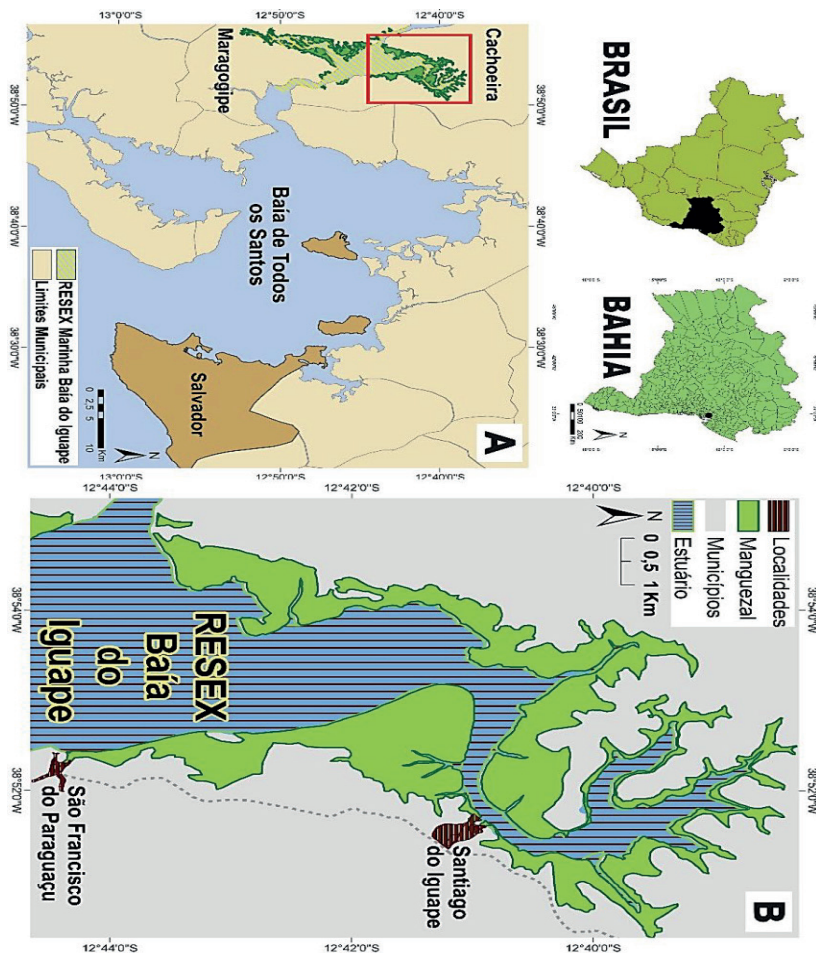



Figura 1 – Localização da área de estudos (retângulo vermelho) em relação à Baía de Todos os Santos e os limites municipais de Salvador, Cachoeira e Maragogipe (A); destaque para a Resex Marinha Baía do Iguape e comunidades de Santiago do Iguape e São Francisco do Paraguaçu (B)
Fonte: Imagem LANDSAT 5, 216/69 (31/05/2010), Coordenadas UTM, Datum WGS 84. Base Cartográfica: SEI, 2002 - Escala: 1:1. 000.000
Elaborada pelos autores.

Coleta de dados

Com o intuito de buscar um conjunto de informações referentes às condições de saneamento básico junto às localidades, quatro serviços foram avaliados: abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo dos resíduos sólidos e escoamento de águas pluviais. A coleta de dados foi realizada a partir de uma entrevista estruturada, conforme Marconi e Lakatos (2003), que consistiu de um roteiro elaborado com perguntas objetivas e subjetivas.

Para a definição do tamanho da população a ser pesquisada, adotou-se a metodologia proposta por Gil (2011) (Equação 1). Assim, considerando-se que a população analisada seja finita (abaixo de 100.000 elementos), pode-se calcular o tamanho da amostra a partir da seguinte equação:

Equação (1)

$$n = \frac{\sigma^2 . p . q . N}{e^2 . (N-1) + \sigma^2 . p . q} \qquad n = \frac{2^2 . 96 . 4 . 4000}{5^2 . (4000-1) + 2^2 . 96 . 4} \approx 61$$

Nesta equação em que o parâmetro “n” corresponde ao tamanho da amostra a ser determinada, foram empregados dois desvios-padrões “σ^2” como nível de confiança do tamanho da amostra, os quais representam um valor de 95% de seu total, de acordo com a teoria geral das probabilidades abordada por Gil (2011).

Para a probabilidade de ocorrência de “p”, que corresponde à percentagem dos indivíduos entrevistados que poderiam estar diretamente envolvidos com a temática investigada, atribuiu-se um número que não fosse superior a 96%. Como consequência, à variável “q” foi atribuída a percentagem complementar de 4%. Faz-se relevante salientar que os referidos valores foram obtidos

por média algébrica estimada a partir de informações fornecidas pelas Associações Comunitárias locais de Santiago do Iguape e São Francisco do Paraguaçu, bem como pela Secretaria de Gerenciamento da RESEX.

Utilizando-se dados estimados pela Secretaria de Gerenciamento da RESEX, obteve-se uma população total existente no distrito de Santiago do Iguape e povoado de São Francisco do Paraguaçu de tamanho "N" aproximado de 4.000 (quatro mil) habitantes. Por fim, considerando-se que os resultados elaborados por uma amostra não são rigorosamente exatos, o erro máximo permitido "e^2" empregado foi de 5%, complementando a equação.

Após a realização dos cálculos, obteve-se como tamanho da amostra o número de 61 indivíduos, utilizando-se uma amostragem aleatória simples, que consiste basicamente em atribuir a cada elemento um número único, para depois selecionar alguns desses elementos de maneira casual, de acordo com Gil (2010).

Também foram levantados dados secundários junto aos órgãos públicos federais, como o Instituto Nacional de Geografia Estatística (IBGE), o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (Ibama) e também instituições estaduais, como a Empresa Baiana de Água e Saneamento (Embasa), responsável pelo abastecimento de água e esgotamento sanitário e o Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Inema). A lista dos documentos e principais informações pesquisadas junto aos órgãos acima citados é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Discriminação dos órgãos, documentos e principais informações que compuseram a coleta de dados secundária na pesquisa

Instituição	Documento	Dados Utilizados
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PNSB (2008)	Quantitativo da oferta dos serviços domiciliares de abastecimento de água, rede de esgotamento sanitário e coleta de lixo, a níveis nacional e regional
	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua - PNAD Contínua (2019)	
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (IBAMA)	Decreto de criação da Reserva Extrativista Marinha da Baía do Iguape (2000)	Implantação, caracterização socioambiental, objetivos e gerenciamento
	Lei de criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (2000)	Implantação, gestão e classificação e distribuição das unidades de conservação no país
	Base Bibliográfica: Perspectivas do Meio Ambiente no Brasil (2002) Recursos Pesqueiros (2011)	Diretrizes sobre manejo dos recursos hídricos e pesqueiros em uma perspectiva sustentável
Empresa Baiana de Água e Saneamento (EMBASA)	Relatório da Rede geral de distribuição de água e ocorrência de esgotamento sanitário nas localidades pesquisadas (2011)	Quantitativo de residências assistidas pela rede de abastecimento de água em Santiago do Iguape e São Francisco do Paraguaçu
Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA)	Relatório do Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas da Bahia – Monitora (2011)	Resultados dos parâmetros físicos, químicos e biológicos analisados nas águas do Rio Paraguaçu no município de Cachoeira

Elaborada pelos autores.

Mapeamento da área estudada

Para fins de visualização espacial da problemática investigada e confecção dos mapas temáticos apresentados no estudo, foram utilizadas imagens do sensor Thematic Mapper (TM) do satélite LANDSAT 5, obtidas na órbita 216, ponto 69, capturadas em 31/05/2010 e disponibilizadas no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em formato geotiff, no sistema de projeção plana Universal de Transversa de Mercator (UTM), Datum WGS84 e Zona 24.

Para a combinação das bandas espectrais RGB utilizou-se o software Envi®. A base cartográfica digital foi obtida junto à Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI), referente ao ano de 2002, escala 1:1. 000.000. A partir dos dados coletados em campo foram plotados e vetorizados nas imagens, a partir do uso do programa ArcGis, pontos e contornos que pudessem ressaltar as áreas de interesse do estudo, como a verificação da abrangência de cobertura vegetal dos mangues, coordenadas dos locais da coleta de amostras de água com o auxílio de aparelho GPS, abrangência das áreas destinadas à mariscagem e delimitação dos principais agrupamentos residenciais das localidades pesquisadas, a fim de possibilitar posterior análise. Em relação às imagens de maior visualização, foram empregadas representações disponibilizadas gratuitamente via Google Earth®.

Análises da qualidade da água no distrito de Santiago do Iguape

Para que fossem diagnosticados os impactos ambientais provocados na água da Baía do Iguape, foram realizadas coletas de água nas proximidades de Santiago do Iguape, em duas etapas de campo. A primeira aconteceu no período de menor índice

pluviométrico (dezembro de 2011) e outro no período chuvoso (agosto de 2012).

Quanto aos locais onde as amostras de água foram coletadas, optou-se por selecionar pontos mais próximos de locais onde há atividades extrativistas de pesca e mariscagem, além das áreas mais próximas à Santiago do Iguape, distrito de maior população da área estudada (Figura 2).

As análises consistiram em avaliações dos principais parâmetros relacionados com a qualidade da água, recomendados e estabelecidos pela Resolução 357, de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) e literatura especializada (Almeida e Schwarzbold, 2003; Piveli e Kato, 2006; Cetesb, 2011; ANA, 2013).

Foram considerados os componentes hídricos da região investigada como águas salobras (salinidade superior a 0,5% e inferior a 30%), por tratar-se de uma área de estuário, e caracterizadas como de classe 1, por estarem diretamente relacionadas, entre outras destinações, à recreação de contato primário, proteção das comunidades aquáticas, aquicultura e atividade de pesca.

Os valores analisados referem-se à temperatura, turbidez, sólidos totais, oxigênio dissolvido (OD), potencial hidrogeniônico (pH), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes totais e fecais.

Aspectos éticos e legais da pesquisa

Por envolver seres humanos, o presente estudo e seu Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) foram submetidos ao Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos (CEP) da UEFS, tendo sido aprovados, conforme o protocolo nº 112/2010. O Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) possui nº 0111.0.059.000-10, como identificador do projeto, junto ao Sistema Nacional de Informação sobre Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos (Sisnep)

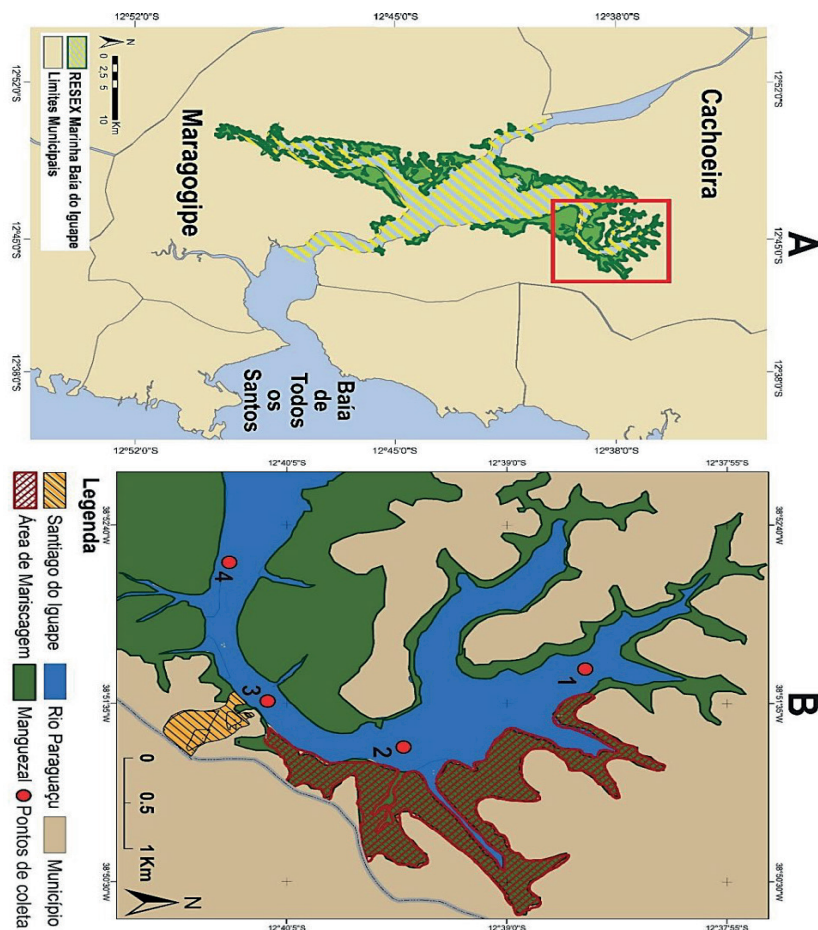



Figura 2 – Localização da área de estudos (retângulo vermelho) em relação à Baía de Todos os Santos e os limites municipais de Cachoeira e Maragogipe (A); Distribuição dos pontos de coleta de amostras de água para as análises hidrogeoquímicas (B).
Fonte: Imagem LANDSAT 5, 216/69 (31/05/2010), Coordenadas UTM, Datum WGS 84. Base Cartográfica: SEI, 2002 - Escala: 1:1.000.000
Elaborada pelos autores.

Já em relação aos aspectos legais, pelo fato de a pesquisa ser desenvolvida em uma unidade de conservação federal, este trabalho — do mesmo modo — foi submetido à apreciação do

Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (Sisbio), entidade vinculada ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e Ministério do Meio Ambiente (MMA).

Resultados e discussão

Diagnóstico do saneamento básico das localidades pesquisadas na RESEX Baía do Iguape

Três parâmetros foram analisados quanto à rede de distribuição de água, coleta e destinação dos esgotos e lixos residenciais nas localidades pesquisadas, comparativamente às realidades regional e nacional apresentadas pelo PNSB (2008) e PNAD Contínua (2019) (Tabela 2).

Quanto ao sistema de abastecimento de água utilizado pelos moradores, os resultados obtidos a partir das entrevistas estruturadas demonstram que a maioria da população nas localidades de Santiago do Iguape e São Francisco do Paraguaçu (96% e 92%, respectivamente) está contemplada. Esses valores se aproximam dos dados fornecidos pela Secretaria Regional da Embasa e associações locais de moradores (95,25% e 89%, respectivamente).

Quando confrontados com valores relativos aos cenários nacional (78,6% e 85,8%) e regional (68,3% e 80,2%), do PNSB (2008) e PNAD Contínua (2019), respectivamente, em relação à oferta deste mesmo tipo de serviço (abastecimento de água) nos domicílios, percebeu-se que as localidades investigadas apresentaram valores superiores, demonstrando que elas são satisfatoriamente assistidas quanto ao acesso à rede geral de distribuição de água pelo órgão estatal (Embasa).

Tabela 2 – Percentual de domicílios com sistemas de saneamento básico das localidades pesquisadas e quanto aos cenários regional (Nordeste – NE) e nacional

SERVIÇO		LOCALIDADE PESQUISADA		PNSB 2008		PNAD 2019	
		Santiago do Iguape	São Francisco do Paraguaçu	Brasil	NE	Brasil	NE
Rede de distribuição de água residencial (Embasa)	Dados Embasa/ Assoc. de Moradores	95.25%	89%	78,6%	68,3%	85,8%	80,2%
	Dados de campo	96%	92%				
Acesso à rede geral de esgoto	Dados Embasa/ campo	0%	0%	44%	22,4%	68,3%	47,2%
Destinação do esgotamento sanitário residencial	Fossa	56%	38%	56%*	77,8%*	19,1%	30,7%
	Ambiente (Corpos hídricos)	44%	62%			Não informado	
Destinação do lixo domiciliar residencial	Coleta municipal (Lixão)	80%	96%	Não informado		84,4%	70,8%
	Queimado	20%	4%			7,4%	15,1%

Fonte: Dados de campo (2011), PNSB (2008) e PNAD Contínua (2020). Elaborada pelos autores.

Em contraste, ressalta-se a ausência de uma rede coletora ou tratamento dos esgotos sanitários residenciais nas localidades pesquisadas. Os efluentes são dispostos em fossas residenciais,

ou despejados nos córregos que atravessam os centros urbanos, ou diretamente nas águas do estuário (Tabela 2). Ressalte-se que, apesar do aumento, entre 2008 e 2020, da oferta do sistema de coleta dos dejetos sanitários nos domicílios no país (44% para 68,3%) e região Nordeste (22,4% para 47,2%), segundo as pesquisas do PNSB (2008) e PNAD Contínua (2019), verifica-se que a existência de tais instalações não se relaciona com outra demanda igualmente relevante, a qual se refere ao tratamento dos esgotos advindos da rede de coleta domiciliar.

Como agravantes dessa realidade, constata-se que, em Santiago do Iguape e São Francisco do Paraguaçu, 44% e 62% dos efluentes, respectivamente, eram lançados diretamente em córregos ou no estuário. Para Holgado-Silva *et al*., (2014), a falta de uma adequada estrutura sanitária em povoamentos rurais gera impacto negativo no ambiente, contribuindo para ocasionar riscos de contaminação da água e do solo, pois favorece o aparecimento e proliferação de doenças.

Ao se avaliar a diminuição das percentagens nacional (de 56% para 22,7%) e regional (de 77,8% para 52,8%), respectivamente, pelo PNSB (2008) e PNAD Contínua (2019), evidenciou-se uma lenta diminuição do quantitativo de domicílios desassistidos de uma rede coletora de esgotos residenciais em mais de uma década. Em localidades onde se verifica a inexistência ou a precariedade do esgotamento sanitário e a disposição de resíduos sólidos a céu aberto, doenças infecciosas relacionadas com excretas, lixo e vetores podem atingir a população exposta (Razzolini e Gunther, 2008, p. 28).

Quando se investiga a abrangência do tratamento do esgoto advindo das residências, o PNSB (2008) estima que apenas 28,5% dos municípios brasileiros faziam tratamento de, pelo menos, 68,8% do que era coletado. Já nos resultados apresentados pela PNAD Contínua (2019) a existência de tratamento não é considerada. Para esta pesquisa, os valores contabilizados referem-se apenas ao escoamento do esgoto, isto é, se este era feito pela rede geral, que o conduz para um desaguadouro geral da área,

mesmo que o sistema não disponha de estação de tratamento da matéria esgotada.

A construção de fossas sépticas pode minimizar os problemas de contaminação das águas e a veiculação hídrica de doenças na população, mas está longe de ser a melhor solução para o descarte de águas residuais. O percentual de 56% e 38% de construção de fossas nas localidades estudadas em Cachoeira serve apenas como um paliativo, assim como são relatadas as realidades nacional (19,1%) e regional (30,7%) divulgadas pela PNAD Contínua (2019), já que não existem informações sobre a ocorrência de tratamento desses efluentes nessas estruturas subterrâneas onde são armazenados.

Para 80% dos domicílios de Santiago do Iguape e 96% em São Francisco do Paraguaçu, a destinação do lixo era feita pelo serviço de coleta municipal e o restante do lixo era (e é) queimado nos quintais das próprias moradias. A PNAD Contínua (2019) contabilizou a existência desse recolhimento por serviço de limpeza para 84,4% e 70,8% das residências, independentemente de sua destinação final, e 7,4% e 15,1% para queima em níveis nacional e regional, respectivamente. A queima de resíduos sólidos é uma prática que libera gases tóxicos, podendo produzir alterações climáticas, doenças respiratórias e cutâneas, além de não eliminar todos os resíduos (Lopes *et al.,* 2012, p. 48). Nas localidades pesquisadas da RESEX, todo esse material recolhido era acumulado e soterrado em lixões daquela mesma região sem nenhum tratamento.

Cumpre referir uma iniciativa relevante que poderia mitigar os impactos desta prática a partir da promulgação da Lei nº 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a qual estabelecia, entre outras finalidades, a responsabilidade compartilhada dos geradores de resíduos e metas para extinção dos lixões num prazo de quatro anos. A partir da Medida Provisória 651/14 e posterior aprovação do legislativo federal, tal determinação, no entanto, foi postergada para 2018. Já em 7 de julho de 2015, o Senado enviou à Câmara dos Deputados, para apreciação, o Projeto de Lei (PL) 2289/2015,

que prorroga para 31 de julho de 2021 o prazo para desativação dos lixões a céu aberto nos municípios com população inferior a 50 mil habitantes. Atualmente, tal proposta encontra-se parada da Câmara dos Deputados, segundo informações do seu site oficial, com a seguinte informação: "Aguardando a criação da comissão especial pela Mesa Diretora; Pronta para entrar na pauta de votações no Plenário (PLEN)[2]". Para Gonçalves *et al.*, (2016), a falta de uma estratégia de Estado justa em relação aos resíduos sólidos no Brasil faz com que o processo de gestão desses resíduos pelos órgãos responsáveis não progrida adequadamente como deveria, ou poderia.

As Figuras 3 e 4 mostram uma análise espacial da distribuição territorial do sistema de saneamento básico nas localidades de Santiago do Iguape e São Francisco do Paraguaçu.

A partir da espacialização dos elementos hídricos, pode-se evidenciar a ocorrência de uma série de residências posicionadas paralelamente ao córrego e também próximas às áreas do manguezal, que servem como destinação de seus dejetos sanitários (área hachurada em amarelo).

As demais moradias desta região, que não se utilizam dos corpos hídricos citados para disposição das águas servidas, valem-se, como foi explicitado, da construção de fossas para destinação do esgoto residencial (área hachurada em laranja). Assim, pode-se evidenciar que tal característica se deve ao fato de as moradias mencionadas não se posicionarem próximas ao curso do riacho e manguezais, circundando, por sua vez, as que se encontram adjacentes a estes componentes. Concluída a análise, ressalta-se também a localização dos lixões observados nas duas localidades.

---

[2] Disponível em: <https://www.camara.leg.br/propostas-legislativas/1555331>. Acesso em: 16 jul. 2020.

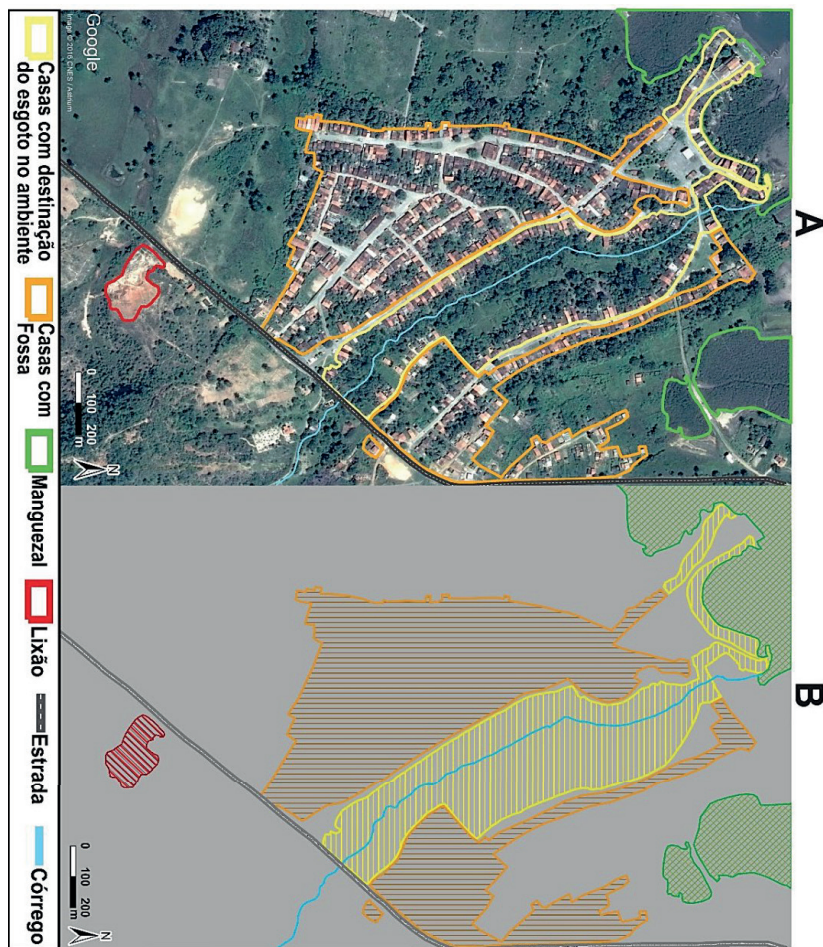



Figura 3 – Imagem aérea (A) e mapa temático (B) da espacialização das principais formas de descarte dos efluentes sanitários e resíduos sólidos residenciais (lixão) no distrito de Santiago do Iguape, município de Cachoeira, Bahia
Fonte: Google Earth (2016) e dados de campo.

Elaborada pelos autores.

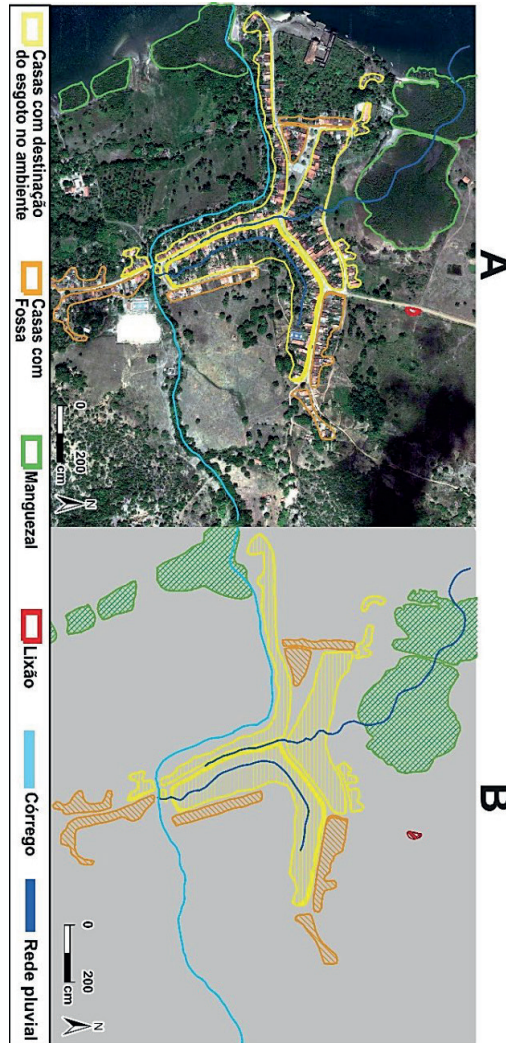



Figura 4 – Imagem aérea (A) e mapa temático (B) da espacialização das principais formas de descarte dos efluentes sanitários e resíduos sólidos residenciais (lixão) no povoado de São Francisco do Paraguaçu, município de Cachoeira, Bahia
Fonte: Google Earth (2016) e dados de campo.
Elaborada pelos autores.

Apesar de um percentual maior de coleta de resíduos sólidos, em relação às médias nacionais e regionais, observou-se que os lixões das localidades estudadas encontram-se próximos às áreas habitadas. Além de não ser a melhor destinação dos resíduos sólidos, os vazadouros a céu aberto poluem as águas de superfície e subterrâneas e atraem animais que alojam micro-organismos patogênicos, donde a disseminação de vários tipos de doenças, como disenteria, verminoses, leptospirose e outras. Embora as populações rurais tenham o direito a saneamento assegurado na legislação nacional, elas ainda se encontram carentes deste serviço essencial (Holgado-Silva *et al*., 2014, p. 544).

Avaliação das variáveis hidrogeoquímicas de qualidade da água nas imediações do distrito de Santiago do Iguape

Tomando por base as condições de saneamento observadas, foi realizada a análise de quatro pontos ao longo da baía, nas proximidades da região de mariscagem de Santiago do Iguape, para avaliar as possíveis consequências decorrentes da utilização dos componentes hídricos investigados. Sobre este aspecto, Piveli e Kato (2006) argumentam que o controle da qualidade das águas envolve necessariamente a análise qualitativa e quantitativa de diversos constituintes, através da determinação de diversos parâmetros que permitam avaliar a sua natureza ou condições de potabilidade.

A Tabela 3 mostra os resultados da avaliação dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos realizados nas águas do estuário da RESEX, tanto em tempo chuvoso (coleta 1) quanto em tempo seco (coleta 2).

Tabela 3 – Valores das variáveis de qualidade de água (parâmetros físicos, químicos e microbiológicos) mensuradas em amostras coletadas no estuário da RESEX Baía do Iguape, Bahia, Brasil.

	VARIÁVEIS	PONTO 01		PONTO 02		PONTO 03		PONTO 04		LIMITE
		Coleta 1	Coleta 2	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 1	Coleta 2	Res. Conama
Físicas	Temp. (°C)	26,3	29,1	26,2	29,3	26,1	29,6	26,2	24,3	--
	Turbidez (NTU)	6,84	5,7	6,15	12,2	8,84	19,4	8,66	11,4	Ausente
	Sól. Totais (mg/L)	46,86	55,42	53,42	52,88	41,88	46,07	40,67	52,44	--
Químicas	O. D. (mg/L)	12,7	9,7	12,7	9,5	8,4	10,7	9,1	9,8	≥ 5
	pH	6,2	7,46	6,29	7,63	5,37	7,6	5,49	7,7	6.5 a 8.5
	DBO O2 (mg/L)	4	13	3	13	5	11	3	12	--
Microbiol.	Col. Total (NPM/100ml)	≥ 23.0	≥ 23.0	≥ 23.0	> 23.0	≥ 13000	≥ 16000	≥ 23.0	≥ 16000	--
	Col. Fecal (NPM/100ml)	23	23	23	16,1	1700	80	23	130	≤ 43

Fonte: Dados de campo, 2011
Elaborada pelos autores.

Em relação às variáveis cujos percentuais não apresentam limites preestabelecidos pelas normas legais supracitadas, optou-se por realizar análises com base na literatura especializada (Almeida e Schwarzbold, 2003; Piveli e Kato, 2006; Cetesb, 2011; ANA, 2013), as quais trazem relevantes indicações pertinentes aos valores observados.

Em relação ao oxigênio dissolvido, vital para a preservação da vida aquática, encontra-se, em todos os pontos analisado e nas duas coletas, em conformidade com os níveis estabelecidos pela regulação vigente (não inferior a 5 mg/L).

Assim, quanto aos parâmetros físicos, deve-se levar em conta as condições meteorológicas: na incursão inicial, tempo bastante nublado e com períodos de chuva, enquanto que, na viagem posterior, o céu apresentava-se com menor ocorrência de nuvens e, por conseguinte, maior incidência solar, podendo influenciar nos números observados. Tal fato justifica-se na observação dos baixos valores de temperatura da água na maioria das amostras realizadas na coleta 1.

Em casos específicos, destaca-se ainda que os valores mais elevados de turbidez no ponto 3 são devidos à proximidade do centro populacional do distrito, o qual se constitui também como área receptora dos dejetos sanitários advindos do referido povoado. Processos biológicos e de entrada de material alóctone, assim como o aumento da produção primária promovem grande geração de material orgânico particulado, representado em valores mais altos de turbidez (Almeida e Schwarzbold, 2003, p. 82).

Os valores de pH, ditos como levemente ácidos, encontrados durante a coleta 1, nos pontos 1, 3 e 4, são um alerta para a possível influência da quantidade de matéria orgânica disponível, pois, uma vez decomposta, essa matéria pode vir a formar ácidos orgânicos, já que, caso fosse proveniente do tipo de rocha existente, todos os pontos apresentariam um padrão de valor ácido de pH. A acidez da água também potencializa a disponibilidade dos metais pesados, que possivelmente adentrem a baía, por formas naturais (intemperismo de rochas), ou ainda por esgotos domésticos e efluentes industriais, como apontado pela ANA (2004).

Em relação ao parâmetro microbiológico coliformes fecais, objeto de resolução do Conama, faz-se necessário destacar o ponto 3, no período seco (coleta 1), que apresentou valores aproximadamente 40 vezes acima do limite estabelecido. Nem mesmo o período chuvoso foi suficiente para contribuir com o enquadramento dos valores de coliformes fecais à legislação. O ponto 3 recebe os resíduos sanitários provenientes do riacho que

atravessa o distrito e serve como corpo receptor desses dejetos e termina por desaguar no estuário. Acrescenta-se a destinação sanitária realizada diretamente por canalizações das moradias que margeiam as áreas de mangue.

Quanto aos altos níveis (130 x 10^3 NMP.100 mL^{-1}), ocorridos no ponto 4 da segunda coleta, além da vazante da maré e período chuvoso, pode-se propor também a localização geográfica deste ponto à jusante da principal região onde os dejetos são direcionados (ponto 3), por situar-se em uma posição posterior no curso do rio rumo à foz.

Avaliando-se os dados levantados em relação à Resolução Conama 357/2005, nas coletas de agosto e dezembro, evidencia-se o parâmetro coliformes fecais e pH, destacando-se o possível comprometimento da qualidade das águas deste estuário. Este problema acarreta necessidade de avaliação da qualidade, não só dessas águas, mas também do pescado e mariscos consumidos e comercializados pela população local.

Considerações finais

A partir do estudo diagnóstico realizado na região supracitada da RESEX Baía do Iguape, pode-se evidenciar uma série de situações críticas, dentre as quais merecem destaque a inexistência dos serviços de saneamento básico alusivos à coleta e tratamento dos dejetos sanitários residenciais, bem como o manejo dos resíduos sólidos nas duas localidades pesquisadas. Como consequência, a avaliação dos índices de qualidade da água demonstrou que se encontra muito contaminado o referido estuário, principalmente no que se refere às análises microbiológicas.

O excesso de coliformes fecais, a ausência de tratamento de águas servidas e a proximidade dos lixões em uma área estuarina, a qual é de relevância socioambiental indiscutível, tanto para

a fauna e flora locais quanto para as populações ribeirinhas, trazem bastante preocupação frente aos impactos que tais ações antrópicas podem acarretar a todos os indivíduos residentes e que dependem deste ecossistema.

Quanto às consequências de todos os pontos críticos elencados anteriormente, tem-se observado o declínio cada vez maior dos recursos pesqueiros explorados (peixes, mariscos etc.) pela população extrativista local. Além disso, não há uma contrapartida fomentada na proposição de ações de remediação dos impactos, bem como revitalização dos efeitos já evidenciados nesta Unidade de Conservação Federal, que desde sua criação, há vinte anos, sob a ótica desta pesquisa, não tem usufruído dos benefícios relacionados à sua relevância socioambiental que outrora justificaram a implementação desta RESEX Marinha Baía do Iguape.

Frente ao exposto, recomendamos ações efetivas coordenadas dos órgãos públicos responsáveis, juntamente com entidades representativas das populações extrativistas. Apesar dos esforços realizados pela Secretaria Executiva da RESEX, essas ações ainda estão longe de se concretizar. A esse respeito, como ilustração, constata-se até mesmo a inexistência, até o presente momento, de um plano de manejo participativo, o qual caminha a passos lentos rumo à sua elaboração.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e Ambiente da Universidade Estadual de Feira de Santana.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (Fapesb) o apoio na modalidade de bolsa de mestrado (2010-2012).

Aos Laboratórios de Geoquímica e Catálise Ambiental (LGCA) do PPGM e de Tecnologia do DEXA – UEFS.

Às Associações Locais de Moradores de Santiago do Iguape e São Francisco do Paraguaçu.

Bibliografia[3]

Almeida, M. A. B., Schwarzbold, A. (2003). Avaliação Sazonal da Qualidade das Águas do Arroio da Cria Montenegro, RS, com Aplicação de um Índice de Qualidade de Água (IQA). *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 8: 81-97.

Agência Nacional de Águas – ANA (2004). Portal da Qualidade das Águas: Indicadores de Qualidade das Águas. Acedido em 12 de agosto de 2012 em: http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx.

Agência Nacional de Águas – ANA (2017). Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas. Acedido em 16 de agosto de 2020 em: http://atlasesgotos.ana.gov.br/.

Barros, F. G. N., Amin, M. M. (2008). Água: um bem econômico de valor para o Brasil e o mundo. [Versão eletrônica]. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional***,** 4: 75-108. Acedido em 17 de novembro de 2011 em: http://www.rbgdr.net/012008/artigo4.pdf.

Bernard, E.; Penna, L. A. O.; Araújo, E. (2014). Downgrading, downsizing, degazettement and reclassification of protected areas in Brazil. *Conservation Biology*, 28: 939-950.

[3] Segundo a APA (American Psychological Association).

Braga, B. *et al.*, (2014). *Water and the future of humanity: revising water security. Gulbenkian think tank on water and the future of humanity*. Calouste Gulbenkian Foundation. New York.

Brasil. Lei nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007. *Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências*. Presidência da República. Brasil. Acedido em 17 de novembro de 2016, Acedido em 17 de novembro de 2016 / 09 de julho de 2020 em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm.

Brasil. Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000. *Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação e dá outras providências.* Ministério da Casa Civil. Brasil. Acedido em 17 novembro de 2011 em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/ l9985.htm.

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CESTESB (2011). *Variáveis de qualidade das águas.* Acedido em 12 de agosto de 2011 em: http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/ aguas-superficiais/109-variaveis-de-qualidade-das-aguas.

Deguignet, M. *et al.*, (2014). United Nations list of protected areas. Acedido em 02 de novembro de 2016 no Web site da United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre: https://wdpa.s3.amazonaws.com/WPC2014/2014_UN_LIST_REPORT_EN.pdf

Gil, A. C. (2010). *Como elaborar projetos de pesquisa*. 5. ed. São Paulo: Atlas.

Gil, A. C. (2011). *Como elaborar projetos de pesquisa*. 6. ed. São Paulo: Atlas.

Gonçalves, M. A., Vale, M. M. A. A.V. Q., Gonçalves, A. H. (Abril de 2016). Um estudo comparado entre a realidade brasileira e portuguesa sobre a gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos. *Sociedade & Natureza.* 28, n. 1. Acedido em 03 de outubro de 2016 em: http://www.scielo.br/pdf/sn/v28n1/0103-1570-sn-28-1-0009.pdf.

Holgado-Silva, H. C. *et al*., (2014) A qualidade do saneamento ambiental no assentamento rural Amparo no município de Dourados-MS. *Sociedade & Natureza,* Uberlândia, 26, n. 3. Acedido em 04 de outubro de 2016 em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S198245132014000300535&lng=e m&nrm=ison

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2008). Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB – 2008). Acedido em 25 de outubro de 2012 em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2020). Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD Contínua – 2019). Acedido em 10 de julho de 2020 em: http://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id= 2101707

Lopes, K. C. S. A.; Borges, J. R. P.; Lopes, P. R. (2012). Condições de vida e qualidade do saneamento ambiental rural como fator para o desenvolvimento de práticas agroecológicas. *Revista*

Brasileira de Agroecologia, 7, n. 1. Acedido em 04 de outubro de 2016 em: http://www.abaagroecologia.org.br/revistas/index.php/ rbagroecologia/ article/viewFile/10008/8550

Marconi, M. A., Lakatos, E. M. (2003). *Fundamentos de metodologia científica*. 5.ed. São Paulo: Atlas.

Piveli, R. P., Kato, M. T. (2006). *Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos*. São Paulo: ABES.

Prost, C. (2011, 5 de março). Resex marinha versus polo naval na Baía do Iguape – BA. *Novos Cadernos NAEA*, 13 (1). Acedido em 04 de abril de 2014 em https://periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/view/391/694.

Razzolini, M. T. P., Gunther, W. M. R. (2008). Impactos na saúde das deficiências de acesso a água. [Versão eletrônica]. *Saúde e Sociedade.* 17, n. 1, 21-32. Acedido em 04 de outubro de 2016 em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010412902008000100003&lng=en&nrm=iso.

Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. *Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.* Conselho Nacional do Meio Ambiente: Ministério do Meio Ambiente. Brasil. Acedido em de16 agosto de 2011 em: http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf.

Rylands, A. B.; Brandon, K. (2005). Brazilian protected areas. *Conservation biology*. 19 (3): 612-618.

Santos, M. A. (2008). *Unidades de Conservação, Planejamento comunitário e educação: uma análise da realidade da reserva extrativista marinha Baía do Iguape-BA*. Dissertação de Mestrado em Geografia - Universidade Federal da Bahia, Salvador. 129p.

Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia – SEI. (2002) SIG BAHIA. [CD ROM].

Tundisi, J. G. (2014). *Recursos hídricos no Brasil: problemas, desafios e estratégias para o futuro*. Academia Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro. Acedido em 04 de outubro de 2016 em: http://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-5923.pdf.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization – UNESCO (2015). *The United Nations world water development report 2015: water for a sustainable world.* Acedido em 10 de julho de 2016 em: http://unesdoc.unesco.org / images/0023/002318/231823E.pdf.

United Nations Water - UN-Water. (2014). *Report Investing in Water and Sanitation: Increasing Access, Reducing Inequalities.* Acedido em 10 de julho de 2020 em: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/139735/9789241508087_eng.pdf?sequence=1

World Health Organization - WHO (2019). *WHO Global Water, Sanitation and Hygiene: Annual Report 2018.* Acedido em 10 de julho de 2020 em: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/327118/WHO-CED-PHE-WSH-19.147-eng.pdf?ua=1

O cenário de (re)construção da paisagem na área de proteção ambiental do Pratigi-BA: história oral e sensores remotos como metodologias de interpretação do espaço no Antropoceno

Rafaela de Sousa Gonçalves
Luis Eduardo Cunha Silva
Marcos Vinicius de Andrade Lima
Marjorie Csekö Nolasco

Introdução

O legado das ciências sociais em seu conjunto é amplo e inevitavelmente humanista, no sentido de privilegiar a sociedade e a cultura humana como objetos suficientes e como campo "máximo" para investigações legítimas (DRUMMOND, 1991). Neste sentido, a investigação dos problemas sociais tradicionalmente não tem incorporado a dimensão natural desses mesmos fenômenos.

Os desastres ecológicos do século XX, a explosão das crises ambientais a partir da década de 1970 e o surgimento dos movimentos sociais ambientalistas inauguraram, no entanto, uma mudança mais substancial no quadro de relações entre as ciências da natureza e as ciências sociais. Estas foram desafiadas, por cientistas naturais e movimentos sociais, a superar seu paradigma e a incorporar variáveis naturais a seu repertório legítimo (DRUMMOND, 1991).

Assim, neste cenário, a História Ambiental surge com o objetivo principal de aprofundar o entendimento de como os seres

humanos foram, através dos tempos, afetados por seu ambiente natural e, inversamente, como eles afetaram esse ambiente e com que resultados (WORSTER, 1991).

Acima de tudo, a História Ambiental rejeita a premissa convencional de que a experiência humana se desenvolveu sem restrições naturais, de que os humanos são uma espécie distinta e "supernatural" e de que as consequências ecológicas de seus feitos passados podem ser ignorados (WORSTER, 1991).

Worster (2003) elenca os três níveis de análise nos quais os trabalhos em História Ambiental operam: primeiro, no sentido da investigação da estrutura e distribuição dos ambientes naturais do passado; segundo, no estudo do modo de produção de cada sociedade sob investigação, no sentido de perceber como este se apropria da natureza e a transforma e, terceiro, no sentido da cognição, ideias, percepções e ideologias referentes à relação entre os grupos humanos e a natureza.

Num contexto assim, um dos fatores mais relevantes para a modificação da fisionomia do planeta é desempenhado pela supressão das florestas. Uma vez modificadas, densas formações florestais podem ser substituídas por feições mais abertas ou fragilizados estágios de sucessão secundária (WILLIAMS, 2009). No entanto, é mais comum que o processo de retirada da vegetação nativa preceda a implantação de culturas agrícolas, geralmente de ciclo curto.

Com efeito, a mensuração da quantidade de floresta perdida é crucial para o debate sobre o desmatamento (WILLIAMS, 2009), o que, entretanto, não é simples. Para tamanho desafio de pesquisa, as tecnologias voltadas para o monitoramento ambiental encontram-se atualmente disponíveis, incluindo técnicas de Sensoriamento Remoto e Processamento Digital de Imagens para o melhor monitoramento das atividades humanas e estudos ambientais mais próximos da acurácia dos resultados.

Todavia, as imagens de satélite fornecem uma fonte viável de dados, a partir da qual a informação atualizada sobre a cobertura do solo pode ser extraída de forma eficiente e de baixo custo, pos-

sibilitando eficazmente o inventário e monitoramento de mudanças. Além do diagnóstico e acompanhamento do estado das paisagens globais, a necessidade de monitoramento ambiental também compreende a definição de estratégias de conservação.

Pesquisas voltadas para este campo têm incluído o uso de modelos ambientais para a descrição de padrões de identificação de processos, delimitação de áreas de risco, elaboração de cenários futuros e demais transformações de caráter ambiental. Assim, as geotecnologias têm prestado um importante serviço junto aos estudos ambientais, sendo cada vez mais requeridas por agentes governamentais ou privados, envolvidos em políticas de criação e gestão de unidades de preservação e conservação.

Neste sentido, o presente capítulo foi desenvolvido através da modelagem de dados e informações sobre a Área de Proteção Ambiental do Pratigi (APA do Pratigi) no estado da Bahia, em um período temporal que antecede a institucionalização da área de proteção ambiental, bem como nos anos iniciais de instauração de suas respectivas ações de conservação, configurando-se assim como um estudo de interpretação das alterações durante a transição institucional da área de proteção ambiental (Imagem 1).

Para o desenvolvimento da análise espacial das transformações presentes na APA do Pratigi, é necessário situar a sua localização em função das constantes intervenções humanas que as extensões litorâneas do Brasil apresentam ao longo dos séculos.

Inserida no bioma de Mata Atlântica, as extensões que pertencem à APA do Pratigi apresentam registros de transformações ambientais de diferentes representações espaciais nos espaços urbano e agrário. Com se constata, háuma ampla devastação do bioma de Mata Atlântica, em função das ingerências de atividades econômicas locais articuladas com o processo industrial da necessidade de matérias-primas extraídas da região. Portanto, compreende-se a necessidade de reconstruir os cenários de alterações que estas intervenções humanas materializaram e materializam nas extensões da atual área de proteção ambiental.

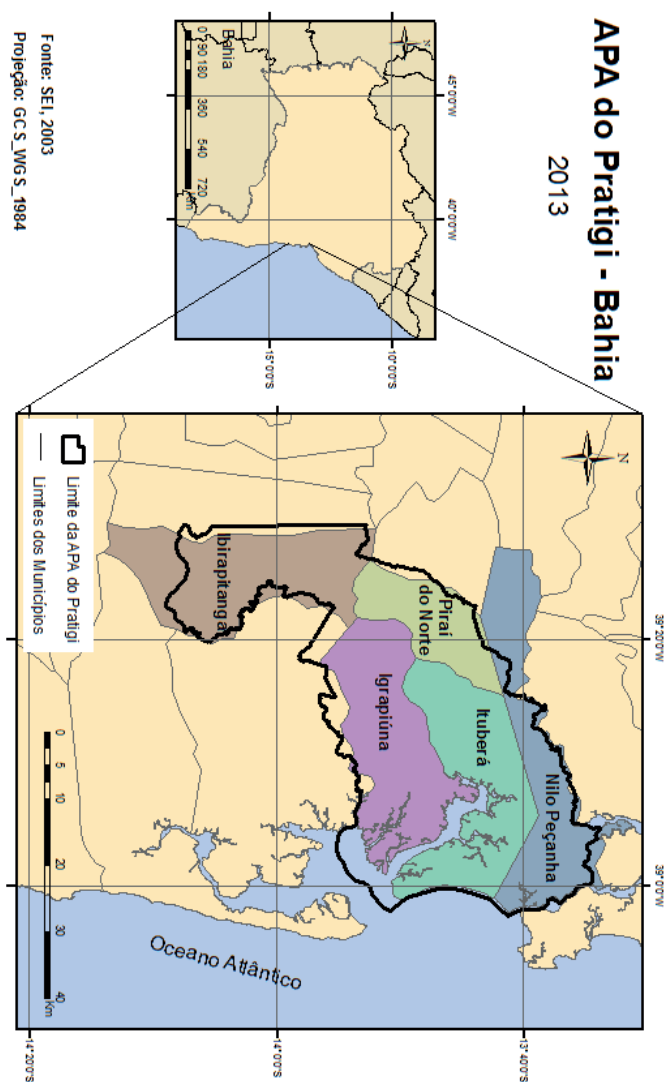



Figura 1 – Localização da APA do Pratigi
Fonte: Autores (2016)

Neste sentido, a pesquisa em História Ambiental a ser desenvolvida na APA do Pratigi deve considerar, necessariamente: a caracterização do ecossistema local; a investigação sobre o modo de produção que tem dirigido a exploração econômica da área, bem como as consequências ambientais locais desse modelo de exploração; e, por fim, os modos pelos quais as populações locais se relacionam com seu ambiente. As informações referentes a esses três importantes aspectos serviram como suporte para a elaboração de um modelo explicativo das modificações ambientais da APA do Pratigi. Para tanto, serão usadas três abordagens: Pesquisa de Fontes Históricas; História Oral e Geotecnologias.

Metodologia

O levantamento do histórico de uso e ocupação do solo de uma região é peça-chave para a caracterização de alterações ambientais. Para tanto, fontes bibliográficas prestam auxílio inestimável à reconstrução da história local, incluindo as dinâmicas econômicas e sociais cujas consequências se fizeram (ou ainda se fazem) sentir nas relações entre a sociedade local e o ambiente.

Neste processo de recomposição da memória local, diversas são as fontes documentais que podem servir como suporte, tais como: legislação, jornais de época, escrituras, registros de herança, partilha de bens, inventários descritivos de terra, dentre outros, além de mapas históricos. As informações contidas em documentos como esses representam um rico registro, ainda que involuntário, da condição ambiental local à época de sua elaboração. Assim, as paisagens históricas do território que atualmente integra a APA do Pratigi podem ser reconstruídas através desses documentos, e dinâmicas sociais e ambientais passadas podem explicar as feições que atualmente caracterizam a região, com especial destaque para os processos de desflorestamento e introdução de espécies vegetais exóticas.

A interpretação do cenário de transformações na paisagem histórica

O *corpus* de análise e análise desta pesquisa foi composto de documentos do período colonial brasileiro, elaborados pelos funcionários do governo português conhecidos como "ilustrados da colônia", que atuaram na Bahia em cargos administrativos ligados aos Cortes Reais de madeiras. Os documentos consistem em relatórios, correspondências e descrições da comarca de Ilhéus localizada na porção Sul da Bahia.

Para a análise dos documentos empregou-se a Análise de Conteúdo, descrita por Chizzotti (1991) como um método de tratamento e análise de informações consubstanciadas em documentos que visa a compreender criticamente o sentido das comunicações, seu conteúdo manifesto ou latente, bem como as significações explícitas ou ocultas. O autor destaca que a escolha do procedimento específico para realização da Análise de Conteúdo depende do material a ser analisado e dos objetivos da pesquisa, podendo privilegiar aspectos diferentes nas análises. Em função dos objetivos desta pesquisa, optou-se pela análise categorial, que busca a organização dos dados analisados em categorias. Assim, as diferentes informações presentes nos documentos puderam ser agrupadas em função do foco da pesquisa, a fim de sistematizar tanto o volume de informações disponíveis quanto possibilitar o estabelecimento de correlações e a elaboração de descrições.

A interpretação do cenário de transformações na paisagem espacial

No que se refere aos trabalhos em torno das análises de imagens de satélites da extensão da APA, na etapa do estudo,

correspondente ao levantamento bibliográfico e de imagens, foram pré-selecionadas dez imagens de satélite disponíveis na internet em catálogos gratuitos (Quadro 1). Além da gratuidade, o critério para a seleção das imagens foi a baixa cobertura de nuvens na área de estudo, uma vez que a proximidade desta com o litoral dificulta a aquisição de cenas com boa visibilidade.

Em função da dificuldade de visibilidade das imagens com grande presença de nuvens nos momentos de captura do satélite, optou-se pela reorganização das imagens a partir de um critério, qualidade da imagem, o que possibilitou uma diminuição do número de imagens disponíveis para mapeamento, e excepcionalmente pela ausência de imagens que fornecessem um cenário atualizado da APA. Mediante esse procedimento, buscou-se apoio junto à OCT (Organização de Conservação da Terra) da OSCIP (Organização da Sociedade Civil de Interesse Público), que desenvolve estudos ambientais na APA do Pratigi e que é parceira no desenvolvimento desta pesquisa, no sentido da aquisição de alguma imagem recente da área de estudo. Foram-nos então disponibilizados um mosaico de imagens do satélite Rapideye, do ano de 2011, e duas cenas do sensor Aster/ VNIR, do ano de 2010. A imagem Rapideye foi descartada porque, mesmo em forma de mosaico, apresentava muitas nuvens, além de já haver sido disponibilizada com muitos processamentos aplicados, o que dificulta a utilização de seus dados espectrais. Por isso, optou-se pela utilização apenas da imagem Aster, que apresentava excelentes condições de visibilidade.

Chegou-se, assim, à seguinte sequência temporal de imagens: 1991; 1993; 2000 e 2010. Avaliando que a imagem de 1993 tornava-se redundante em função da proximidade de data com a imagem de 1991, optou-se por também retirá-la do estudo, estabelecendo-se um intervalo de tempo de aproximadamente 10 anos entre os mapas a serem gerados, o que padronizaria sua comparação. Apresenta-se a seguir a seleção final de imagens (Quadro 2).

Satélite	Data	Cenas	Sensor	Resolução Espacial	Fonte
Landsat 5	19/06/1988	216-69 e 216-70	TM	30m	Earth Explorer
Landsat 5	22/04/1990	216-69 e 216-70	TM	30m	INPE
Landsat 5	20/02/1991	216-69 e 216-70	TM	30m	INPE
Landsat 5	17/06/1993	216-69 e 216-70	TM	30m	INPE
Landsat 5	07/08/1994	216-69 e 216-70	TM	30m	INPE
Landsat 5	10/08/1995	216-69 e 216-70	TM	30m	INPE
Landsat 7	05/02/2000	216-69 e 216-70	ETM	30m	Earth Explorer
Landsat 7	12/01/2003	216-69 e 216-70	ETM	30m	INPE
Landsat 7	20/05/2006	216-69 e 216-70	ETM	30m	INPE

Quadro 1 – Imagens pré-selecionadas para a pesquisa
Fonte: Elaboração pelos Autores (2016)

Satélite	Data	Cenas	Sensor	Resolução	Fonte
Landsat 5	20/02/1991	216-69 e 216-70	TM	30m	INPE
Landsat 7	05/02/2000	216-69 e 216-70	ETM	30m	Earth Explorer
Terra	17/06/2010		Aster - VNIR	15m	Engesat

Quadro 2 – Imagens utilizadas para geração da série temporal de mapas de uso e cobertura da APA do Pratigi e suas características

Fonte: Elaboração pelos Autores (2016)

Cumpre ressaltar que, embora a maioria das imagens pré-selecionadas não tenha sido aproveitada para a elaboração dos mapas, optou-se por apresentá-las no corpo deste trabalho, entendendo que as considerações feitas podem auxiliar outros pesquisadores que venham a realizar estudos ambientais na APA do Pratigi ou em outras áreas do Baixo Sul. Mesmo não apresentando as características buscadas para a finalidade específica da construção dos mapas dos usos e cobertura desta pesquisa, estas imagens podem se mostrar adequadas para outros

tipos de estudo, ou mesmo para a construção de mapas de uso e cobertura que não abarquem toda a área da APA.

Pré-processamento

As imagens Landsat foram pré-processadas, passando pelas etapas de correção atmosférica e correção geométrica; a imagem Aster já foi disponibilizada pré-processada, dispensando esses procedimentos. Como a base das geotecnologias é a espacialização dos fenômenos, torna-se fundamental que os dados utilizados para as análises disponham de um sistema de referências e coordenadas geográficas. Neste sentido, a função dos procedimentos de correção geométrica é reorganizar os *pixels* das imagens em relação a determinado sistema de projeção cartográfica (NOVO, 1992).

Todavia, o georreferenciamento é o processo que concede a uma imagem um sistema de coordenadas e corrige as deformações decorrentes do processo de aquisição. Neste trabalho, as imagens foram georreferenciadas no software ENVI 4.7, através do processo *imagem-imagem*, o qual é usado quando já existe uma imagem georreferenciada da mesma área, utilizada como base, e da qual são tomados pontos de controle.

As cenas fornecidas pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos[4], através do site Earth Explorer (http://.earthexplorer.usgs.gov), são disponibilizadas já georreferenciadas. Por isso foram utilizadas as cenas referentes ao ano 2000, baixadas do site Earth Explorer, como base para o georreferenciamento das cenas de 1991. O Erro Médio Quadrático (Root Mean Square – RMS), que aponta a acurácia do georreferenciamento, ficou abaixo de 1,0 para as duas cenas, sendo este o limite aceito pela literatura (Quadro 3).

[4] U.S. Geological Survey.

Quadro 3 – Valores do Erro Médio Quadrático (RMS) resultantes do georreferenciamento da imagem Landsat do ano de 1991

Imagem	Cena	RMS	Pontos de Controle
1991	216-69	0,49	08
	216-67	0,70	08

Fonte: Elaboração pelos Autores (2017)

Em qualquer banda espectral existem *pixels* que deveriam assumir o valor "0", uma vez que estes podem não receber radiação incidente ou regiões onde a radiação é completamente absorvida, implicando valores nulos de reflexão (PONZONI & SHIMABUKURU, 2007). Teoricamente, a radiância desses corpos d'água ou regiões de sombra deve ser nula; portanto, o que estiver registrado acima de zero deve ser atribuído à atmosfera (NOVO, 1992). A correção atmosférica das cenas foi realizada através do método da Subtração de *Pixels* Escuros[5], o qual consiste num procedimento simples, que suprime os valores diferentes de zero registrados na cena como um todo.

A composição colorida de bandas R4;G5;B7 foi utilizada para visualização das imagens Landsat. Apesar de os pares de cenas serem da mesma data, havia diferença de iluminação entre elas, que foi corrigida no programa ENVI 4.7 através de ajuste nos histogramas das imagens. Na imagem Aster foi aplicada a composição G:1;R:2;B:3, que produz um resultado visual semelhante à composição aplicada nas imagens Landsat.

---

[5] Dark Object Subtration – DOS.

Classificação

Visando à geração dos mapas de uso e cobertura da terra, os recortes dos ecopolos foram classificados através do método supervisionado da Máxima Verossimilhança[6], também disponível no ENVI 4.7.

A classificação supervisionada requer conhecimento prévio do analista sobre a área a ser mapeada, já que a ele compete a escolha das classes nas quais a área será categorizada, gerando um padrão de uso e ocupação do solo. O algoritmo MAXLIKE usa a probabilidade de um *pixel* desconhecido pertencer a uma classe que possua valor digital semelhante (MATHER, 1999). Para tanto, regiões de treinamento são selecionadas na imagem e servem como referência para que o algoritmo distribua os demais *pixels* nas classes criadas pelo pesquisador.

(Re)estruturação do cenário produtivo através da História Oral

A pesquisa documental, apesar de extremamente relevante, não é suficiente para reconstituir a história de um local. Nem sempre as fontes documentais encontram-se completas ou preservadas, e, além disso, a "História Oficial" não costuma contemplar a perspectiva de todos os segmentos envolvidos nas dinâmicas sociais, sobretudo a daqueles grupos sem acesso ao letramento formal. Por essa razão, informações advindas de fontes orais oferecem contribuições valiosas no sentido de revelar as dinâmicas sociais e ambientais das áreas em estudo, inacessíveis de outra forma. Tais informações cumprem o papel de "emprestar sentido"

---

[6] Maximum Likehood – MAXLIKE.

às informações documentadas, ou, dito de outro modo, "fazer os documentos falarem".

É válido salientar, no entanto, que independentemente do valor complementar que as informações locais podem oferecer aos documentos, tal conjunto de conhecimentos representa um patrimônio em si, revelador dos modos históricos pelos quais as sociedades funcionam internamente, relacionam-se entre si e com a natureza. Assim, os grupos de moradores locais serão sempre as pessoas mais indicadas para fornecer informações relativas ao ambiente que ocupam; afinal, este constitui o seu território e, frequentemente, também de seus antepassados. Isto é válido para qualquer grupamento humano, pois toda memória é rica de fatos e processos que compõem o conhecimento sobre determinada realidade.

Entretanto, no caso de estudos ambientais envolvendo populações rurais, isto se torna ainda mais verdadeiro, uma vez que, por depender diretamente da terra para sua subsistência física e cultural, tais populações acumulam um corpo de conhecimentos a respeito do terreno e suas características físicas e biológicas, um conhecimento sobre êxitos e fracassos que deve ser considerado (GÓMEZ-POMPA & KAUS, 2000). As entrevistas objetivaram identificar eventos marcantes para a história local que tiveram influência direta sobre a dinâmica de transformação da paisagem na extensão da APA do Pratigi, contribuindo assim para a elucidação de complexas transformações presentes na extensão da APA.

A experiência da entrevista semiestruturada de base etnográfica

A presente estratégia de pesquisa combina perguntas abertas e fechadas, deixando o informante livre para discorrer sobre o tema proposto. Parte-se de um esquema básico, porém não aplicado rigidamente, permitindo que o entrevistador faça as necessárias adaptações (Ludke *et. al.*, 1986). O pesquisador tem ainda a oportunidade de fazer perguntas adicionais que ajudem a aprofundar a problemática em estudo.

Dada a dimensão da área estudada, a qual se associa à grande quantidade de comunidades incluídas na pesquisa, optou-se pela utilização de informantes-chave como forma de amostragem dos/as entrevistados/as. O perfil buscado para os informantes foi constituído por: homens e mulheres, moradores antigos e, portanto, conhecedores da região; pessoas com atuação destacada nas comunidades; pessoas envolvidas em projetos propostos pelos gestores da APA para a área.

Para realização das entrevistas, foram consideradas as dinâmicas sociais e produtivas locais. A fim de que a realização da pesquisa não representasse um ônus para as comunidades, especialmente no que concerne à maior parte dos entrevistados, houve a mediação por membros da Associação Guardiã da APA do Pratigi (AGIR), uma OSCIP também parceira da pesquisa. Entretanto, com a inserção da pesquisadora em campo, foi possível estabelecer contato direto com vários entrevistados no decorrer da pesquisa.

Buscando assegurar que a realização das entrevistas não acarretasse nenhum tipo de constrangimento ou prejuízo moral aos sujeitos da pesquisa, esta foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UEFS (CEP/ UEFS) e obteve parecer favorável. Todavia, foram realizadas 32 entrevistas em 18 localidades, abrangendo toda a extensão da APA.

A análise das entrevistas é outro tópico importante. Para Meihy e Holanda (2007), a escolha entre analisar ou não as entrevistas em História Oral depende dos objetivos da pesquisa. Em se tratando de História Oral Pura, a análise das entrevistas é dispensada. Mas, no caso de pesquisas de História Oral Híbrida, na qual os documentos derivados de entrevistas dialogam com outras séries de documentos temporais, em ambas entende-se que a análise das entrevistas é de suma importância, constituindo a fase final das propostas de trabalho.

Isoladas, as entrevistas não falam por si, tampouco se sustentam enquanto História Oral, porque a dimensão social é percebida na medida em que são indicados pontos de intercessão entre as diversas entrevistas (MEIHY & HOLANDA, 2007).

Alterações no uso e cobertura da terra na APA do Pratigi entre 1991 e 2010

A expressão "cobertura da terra" é usada em referência aos atributos de uma parte da superfície terrestre do planeta e sua subsuperfície imediata, incluindo biota, solo, topografia da superfície e subterrânea, bem como as estruturas humanas. Já o "uso" refere-se aos fins para os quais os seres humanos exploram a cobertura da terra (LAMBIN, E. F.; ROUNSEVELL, M. D. A.; GEIST, H. J., 2000).

As modificações empreendidas pelas sociedades humanas na cobertura da terra têm sido importantes fatores para a variação das condições ambientais do planeta. As sociedades modernas, notadamente, têm testemunhado consideráveis alterações das paisagens em nível global, que passam pela redefinição, tanto em composição quanto em área de ecossistemas tão diversos como florestas, savanas, pradarias e desertos, à medida em que as áreas destinadas às atividades humanas se expandem (RICHARDS, 2009).

Pessoa	Gênero	Idade	Profissão	Naturalidade	Residência
01	M	61	Agricultor	Lagoa Santa	Lagoa Santa
02	F	s/ informar	Agricultora	Ituberá	Campo do Amâncio
03	M	62	Agricultor	Ituberá	Assentamento São João
04	M	67	Agricultor	Ituberá	Maruim
05	M	67	Agricultor	Valença	Rio Novo
06	M	58	Agricultor	Muritiba	Colônia
07	M	s/informar	Agricultor	Japão	Colônia
08	M	54	Agricultor	Colônia	Colônia
09	F	42	Agricultora	Ituberá	Itaberoê
10	F	24	Coord.Comunicação/ IDES	Jatimane	Jatimane
11	M	80	Agricultor	São Francisco	São Francisco
12	M	s/informar	Agricultor	Camamu	Assentamento Margarida Alves
13	M	78	Agricultor	Ituberá	Ituberá
14	M	47	Agricultor	Igrapiúna	Igrapiúna
15	M	s/informar	Agrônomo	Colônia	Colônia
16	M	64	Agricultor	Piraí do Norte	Assentamento Josinei Hipólito
17	M	s/informar	Agricultor	Japão	Colônia
18	F	76	Agricultura	Boitaraca	Boitaraca
19	F	s/informar	Agricultora	Boitaraca	Boitaraca
20	M	66	Agricultor	Boitaraca	Jatimane
21	M	56	Agricultor/ Guia/ Comerciante	Jatimane	Jatimane
22	F	33	Pedagoga/ AGIR	Valença	Valença
23	F		Administradora/ IDES	Ituberá	Ituberá
24	M	54	Acessor Comunitário/ AGIR	Ituberá	Ituberá
25	M	38	Agricultor	Piraí do Norte	Piraí do Norte
26	M	28	Agricultor/ Comerciante	Gandu	Tararanga
27	M	49	Pescador	Ituberá	Ituberá
28	F	s/informar	Marisqueira	Ituberá	Ituberá
29	M	59	Agricultor	Massaranduba	Massaranduba
30	M	44	Agricultor		Km 29
31	F	75	Agricultora	Igrapiúna	Igrapiúna
32	F	s/informar	Engenheira Florestal	Igrapiúna	Igrapiúna

Quadro 4 – Perfil dos/as Informantes das entrevistas realizadas
Fonte: Elaboração pelos Autores (2017)

Os sistemas inter-relacionados do clima, vegetação e paisagem física são, porque conectados, os maiores determinantes do ambiente humano e, ao mesmo tempo, os maiores sujeitos da exploração ambiental. Sem as perturbações humanas esses sistemas são altamente dinâmicos, mudando naturalmente quando influenciados por fatores externos e processos internos numa escala de tempo que vai de horas a milhões de anos. Ao introduzir modificações no funcionamento desses sistemas, as ações antrópicas operam uma perturbação externa cuja compensação pode levar à modificação em cadeia de características estruturais e funções.

A forma, intensidade e escala das perturbações antrópicas dependem da estrutura social dos grupamentos humanos e, principalmente, de sua estrutura econômica. Ou seja, dependem de quais recursos são extraídos, gerados, e de que maneira. Nos últimos séculos, a ordem econômica que encontra expressão máxima nas sociedades capitalistas ocidentais elevou a produção humana a níveis sem precedentes. Em contrapartida, a distribuição desigual dos recursos, associada às crescentes necessidades de consumo, tornou o desenvolvimento econômico globalmente dependente da depleção das terras (RICHARDS 2009).

As mudanças no uso e cobertura da terra podem acarretar impactos sobre uma ampla gama de ambientes e atributos da paisagem, incluindo a qualidade dos recursos de água, terra e ar, funções e processos ecossistêmicos, além do próprio sistema climático (LAMBIN, E. F.; ROUNSEVELL, M. D. A.; GEIST, H. J. 2000).

No presente capítulo examinamos as alterações das paisagens da área de estudo entre os anos de 1991 e 2010 através da análise qualitativa de mapas de uso e cobertura gerados a partir de imagens de satélite. Embora a APA tenha sido criada apenas em 1998, buscou-se a inclusão de um mapa anterior a essa data visando à comparação do estado da área de estudo num cenário anterior à sua conversão em Unidade de Conservação, e num cenário

posterior a esse evento, de forma a subsidiar uma análise inicial a respeito da efetividade da criação da APA, excepcionalmente sobre a cobertura vegetal.

Unidades de paisagem identificadas na APA do Pratigi

O processo de distinção das paisagens locais nas imagens de satélite foi o primeiro desafio para a análise dos usos e da cobertura da terra na área de estudo, sendo esta bastante diversificada, principalmente no que concerne à cobertura vegetal. Assim, as diferentes paisagens foram organizadas em nove classes, e mais duas para desambiguação, cuja descrição é apresentada a seguir.

Floresta ombrófila

Esta classe foi utilizada para designar de maneira genérica as formações de floresta ombrófila com palmeiras, floresta ombrófila densa e densa aluvial e floresta ombrófila submontana, que ocorrem na área de estudo. Do ponto de vista da reflectância, essas formações distinguem-se umas das outras de maneira muito sutil, assumindo tonalidades próximas ao laranja-escuro, tendo sido, por esta razão, agrupadas numa mesma classe (Figura 2).

As áreas de manguezal podem ser distinguidas nas imagens de satélite por apresentarem uma coloração laranja-amarronzada, bastante escura em virtude da grande quantidade de água presente nesse ecossistema (Figura 3).

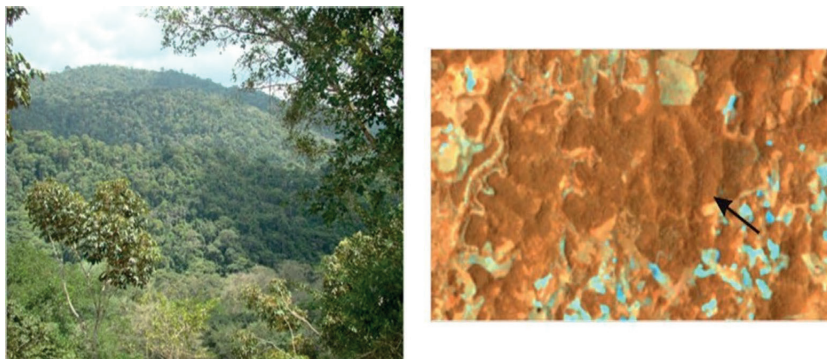



Figura 2 – Fotografia de uma área de floresta ombrófila e visualização correspondente a essa classe na imagem de satélite (composição colorida R4;G5;B7)

Fonte: Elaboração pelos Autores (2017)

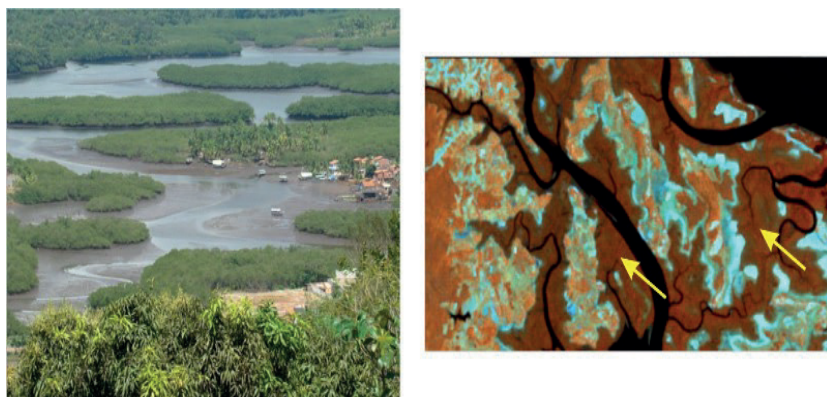



Figura 3 – Fotografia de uma área de manguezal e visualização correspondente a essa classe na imagem de satélite (composição colorida R4;G5;B7)
Fonte: Elaboração pelos Autores (2017)

Restinga

As áreas de restinga, características da porção litorânea da área de estudo, assumem a coloração azul-claro (Figura 4). Por se tratar de regiões de areia, a reflectância dessas áreas pode confundir-se com a das regiões de solo exposto das porções mais interioranas da área de estudo, assim como com as áreas urbanas.

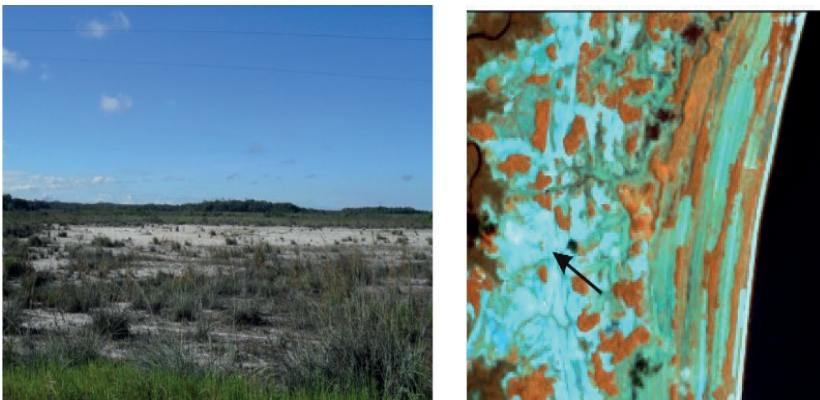



Figura 4 – Fotografia de uma área de restinga e visualização correspondente a essa classe na imagem de satélite (composição colorida R4;G5;B7)
Fonte: Elaboração pelos Autores (2017)

Vegetação de restinga

As áreas de restinga podem apresentar-se recobertas por uma vegetação rala e rasteira, que assume uma coloração azul-alaranjada nas imagens de satélite (Figura 5). Manchas de floresta ombrófila também podem ser encontradas sobre esse terreno arenoso. Da mesma forma, monocultivos de coqueiros podem ocorrer na porção próxima à faixa de praia.

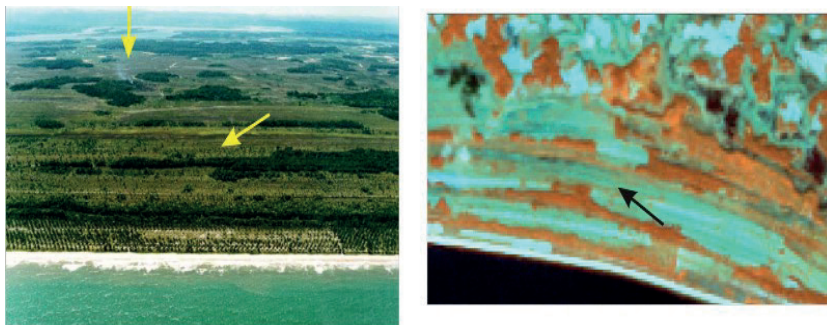



Figura 5 – Fotografia[7] de uma área de vegetação de restinga e visualização correspondente a essa classe na imagem de satélite (composição colorida R4;G5;B7)
Fonte: Elaboração pelos Autores (2017)

Esses monocultivos refletem-se na cor laranja-claro, semelhante à cor apresentada pelos consórcios de espécies arbóreas (Figura 6). Entretanto, optou-se neste trabalho por restringir a classe "vegetação de restinga" à vegetação rala e rasteira sobre as faixas de restinga da porção litorânea da área de estudo, uma vez que as outras formações vegetais ocorrendo sobre a restinga podem ser melhor expressas em outras classes.

Figura 6 – Mancha de floresta ombrófila em domínio de restinga
Fonte: Elaboração pelos Autores (2017)

[7] Arquivo IDES (2000).

Consórcio / Monocultivo de Espécies Arbóreas e Capoeiras

Os consórcios de espécies arbóreas são formações vegetais comumente encontradas na área de estudo e sua composição é bastante variável. Atualmente, os consórcios de cacau, seringueira e bananeira vêm sendo bastante adotados, mas uma infinidade de variações, incluindo espécies nativas ou introduzidas, também pode ser encontrada. Sendo agrupamentos arbóreos menos estratificados e menos densos, tais consórcios assumem uma coloração laranja-claro na composição colorida adotada, em contraste com o laranja-escuro das formações de floresta ombrófila (Figura 7). Observou-se ainda que essa coloração é a mesma apresentada pelos coqueirais e piaçavais do ecopolo III, e também pelas regiões de floresta ombrófila em regeneração – chamadas localmente de "capoeiras", também menos densas que as formações de floresta ombrófila originais. Todas essas formações florestais pouco densas, que não podem ser corretamente diferenciadas do ponto de vista da reflectância pelo algoritmo classificador adotado, foram agrupadas sob a classificação genérica de "Consórcio / Monocultivo de Espécies Arbóreas e Capoeiras".

Agricultura Convencional / Pasto

Equivale às áreas onde se pratica agricultura convencional sem a presença de consórcios, a exemplo do plantio de mandioca, assim como às áreas com solo exposto para posterior cultivo, e também aos pastos abandonados, recobertos por espécies vegetais ruderais. Dada a exposição do solo, ou seu recobrimento apenas parcial por espécies herbáceas ou arbustivas, essas áreas refletem uma coloração azul-claro na composição colorida adotada, podendo ser confundidas com áreas de restinga ou de vegetação de restinga pelo algoritmo classificador (Figura 8).

Figura 7 – Fotografias de consórcios de espécies arbóreas (bananeira e cacau; e cacau e seringueira, respectivamente) e visualização correspondente a essa classe na imagem de satélite (composição colorida R4;G5;B7)

Fonte: Elaboração pelos Autores (2017)

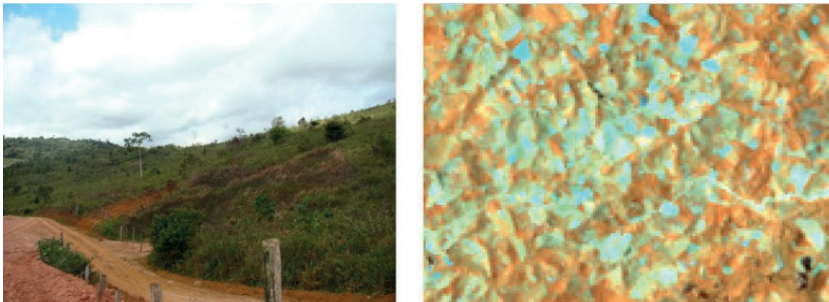



Figura 8 – Fotografia de uma recoberta com pasto e visualização correspondente a essa classe na imagem de satélite (composição colorida R4;G5;B7)
Fonte: Elaboração pelos Autores (2017)

Área Urbana / Estradas

A área urbanizada dos municípios da região reflete-se em azul, como pode ser visto a seguir (Figura 9). Embora essa coloração possa ser confundida com as de áreas de solo exposto, sua separação é possível graças ao formato irregular das manchas urbanas.

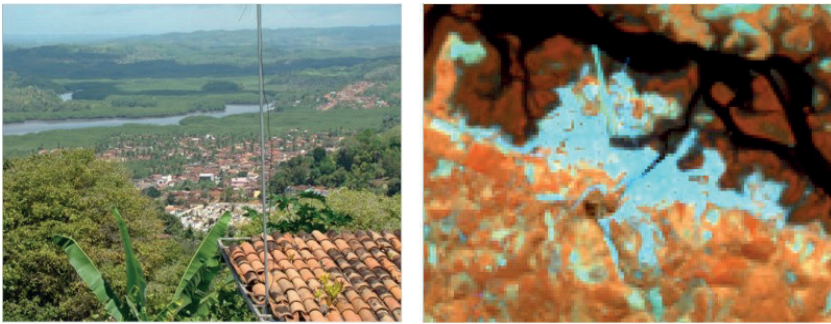



Figura 9 – Município de Ituberá e visualização correspondente – classe "área urbana" (composição colorida R4;G5;B7)
Fonte: Elaboração pelos Autores (2017)

Uso e cobertura da APA do Pratigi entre 1991 e 2010

Os mapas resultantes são apresentados a seguir, mostrando uma visão geral da área de estudo (Figuras 10, 11 e 12), e também uma visão comparativa por ecopolo, para uma apreciação mais detalhada (Mapas 13,14 e 15).

O mapeamento revela o processo de fragmentação florestal na área de estudo, excepcionalmente nos ecopolos I e II, nos quais as formações de floresta ombrófila ocorrem em manchas, muitas delas descontínuas. A exceção é observada no ecopolo III, onde se encontra uma grande mancha florestal. Esta é

descrita na literatura (ROCHA, 2010). O que torna o desenvolvimento da pesquisa extremamente relevante em função das condições de conservação é que a extensão do bioma de Mata Atlântica se encontra ao longo do território nacional.

Mediante estes elementos citados anteriormente, as ocupações e uso do solo na APA do Pratigi apresentam os resultados dos ciclos de atividade econômica que estiveram presentes no país. Prova disto são as intensas presenças das culturas do cacau, seringueiras e, de maneira mais atual, a silvicultura do eucalipto.

Observa-se ainda que o processo de fragmentação é mais severo no ecopólo I, onde as manchas são menores e mais desconectadas. Também é marcante a presença dos consórcios de espécies arbóreas nas paisagens da APA, sendo, junto com "foresta ombrófila", a classe mais representativa.
Quando comparados, os mapas das três épocas revelam um processo de diminuição da classe "agricultura convencional/ pasto", e sua substituição paulatina pela classe "consórcio / monocultivo de espécies arbóreas e capoeiras", o que é condizente com a análise realizada no capítulo anterior, no qual as entrevistas evidenciaram a importância dos consórcios para a agricultura local, além de sua adoção por um número crescente de trabalhadores rurais em suas propriedades. As regiões de floresta ombrófila, mais ou menos estacionárias entre 1991 e 2000, apresentam aumento de área no mapa de 2010, revelando maior conectividade entre as manchas. Uma possível explicação pode ser o processo de regeneração de áreas de capoeiras.

Observa-se também o avanço dos consórcios na porção oeste da APA; são presenças do que sugere ser a cultura dos consórcios, característica das regiões continentais da APA, que pode estar ganhando força também na sua porção litorânea. Entretanto, como os monocultivos de palmeiras (seja piaçava, coqueiro ou dendezeiro) também são representados dentro desta classe, essa hipóteses necessitam de maiores investigações futuras.

As regiões de floresta ombrófila, mais ou menos estacionárias entre 1991 e 2000, apresentam aumento de área no mapa de 2010, revelando maior conectividade entre as manchas. Uma

possível explicação pode ser o processo de regeneração de áreas de capoeiras.

Observa-se também o avanço dos consórcios na porção oeste da APA; são presenças do que sugere ser a cultura dos consórcios, característica das regiões continentais da APA, que pode estar ganhando força também na sua porção litorânea. Entretanto, como os monocultivos de palmeiras (seja piaçava, coqueiro ou dendezeiro) também são representados dentro desta classe, essa hipóteses necessitam de maiores investigações futuras.

Considerações finais

Com base na comparação entre os mapas, é possível inferir que a conversão da área de estudo em Unidade de Conservação vem apresentando resultados positivos no que concerne à regeneração de formações de Mata Atlântica, uma vez que áreas antes ocupadas por agricultura convencional ou pasto vêm se convertendo em unidades florestais. O mesmo se pode dizer com relação às áreas recobertas por consórcios ou capoeiras nos mapas de 1991 e 2000, e que no mapa de 2010 também se apresentam como floresta ombrófila, evidenciando que os processos de sucessão vegetacional vêm sendo resguardados na área de estudo.

A importância dos consórcios como elemento das paisagens também torna-se explícita através da análise dos mapas, sendo que em algumas porções da área de estudo os consórcios chegam mesmo a constituir a matriz da paisagem. Neste sentido, uma comparação entre as áreas ocupadas pelas diferentes classes poderia subsidiar análises mais pormenorizadas da interação entre as paisagens locais, incluindo a identificação das classes matrizes nas extensões da APA e mensuração da razão entre a matriz e as outras classes. Assim, sugere-se a realização de estudos futuros que contemplem uma análise também quantitativa das alterações de uso e cobertura de terra na APA do Pratigi, para além da análise qualitativa aqui desenvolvida.

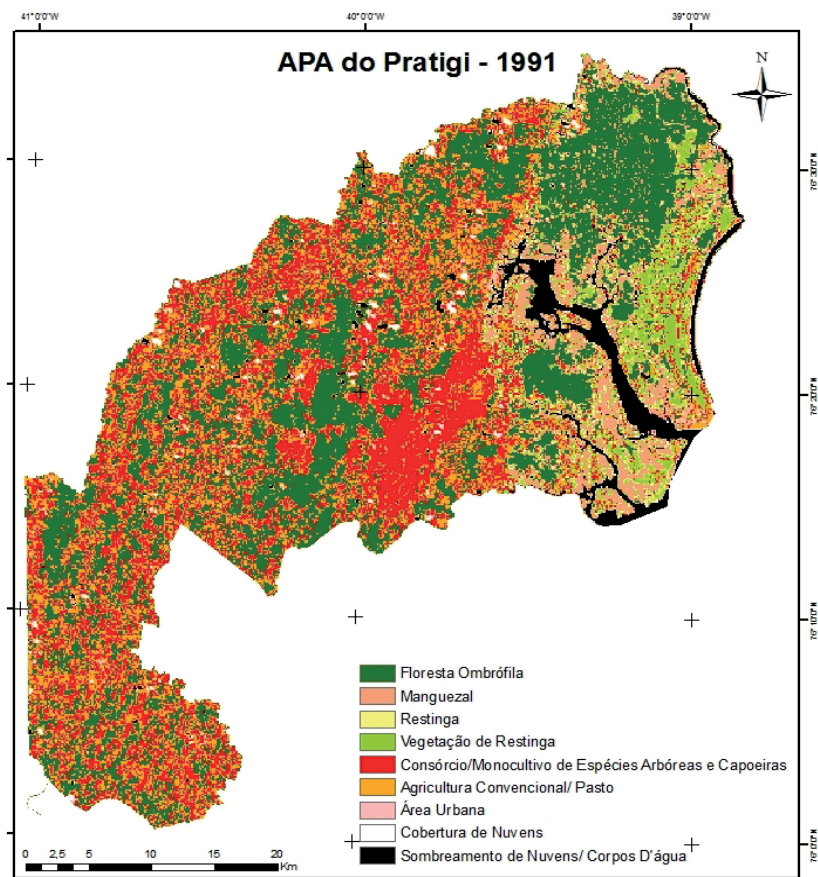



Figura 10 – Mapa de Uso e Cobertura da APA do Pratigi em 1991
Fonte: Elaboração pelos Autores (2017)

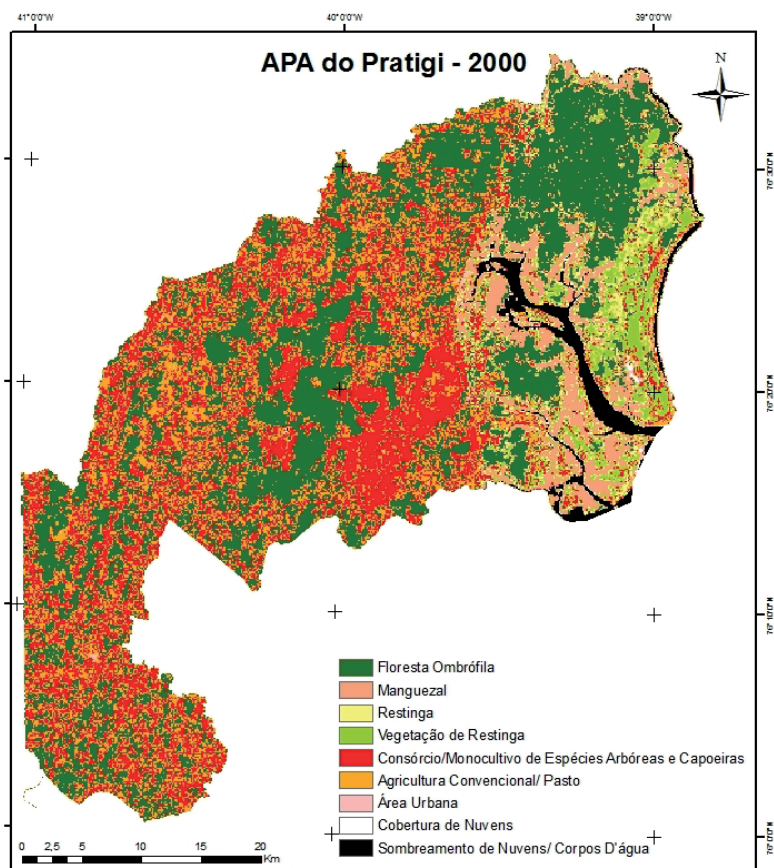



Figura 11 – Mapa de Uso e Cobertura da APA do Pratigi no ano 2000
Fonte: Elaboração pelos Autores (2017)

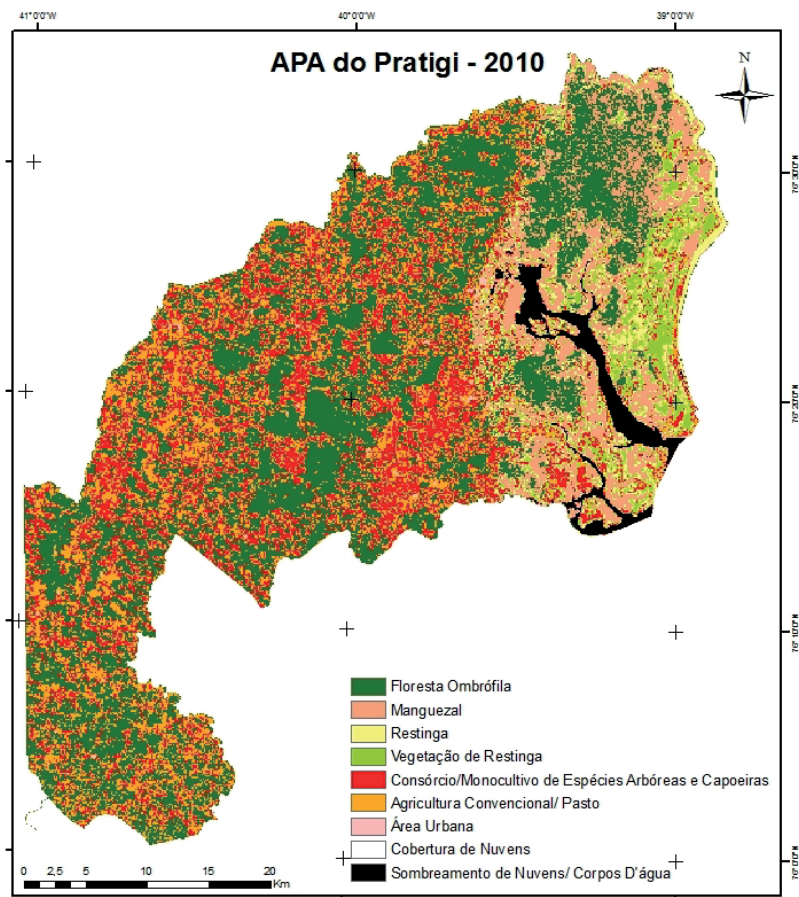



Figura 12 – Mapa de Uso e Cobertura da APA do Pratigi no ano 2010
Fonte: Elaboração pelos Autores (2017)

Figura 13 – Mapas de uso e cobertura do Ecopolo 1 da APA do Pratigi para os anos 1991 (A); 2000 (B); e 2010 (C)

Fonte: Elaboração pelos Autores (2017)

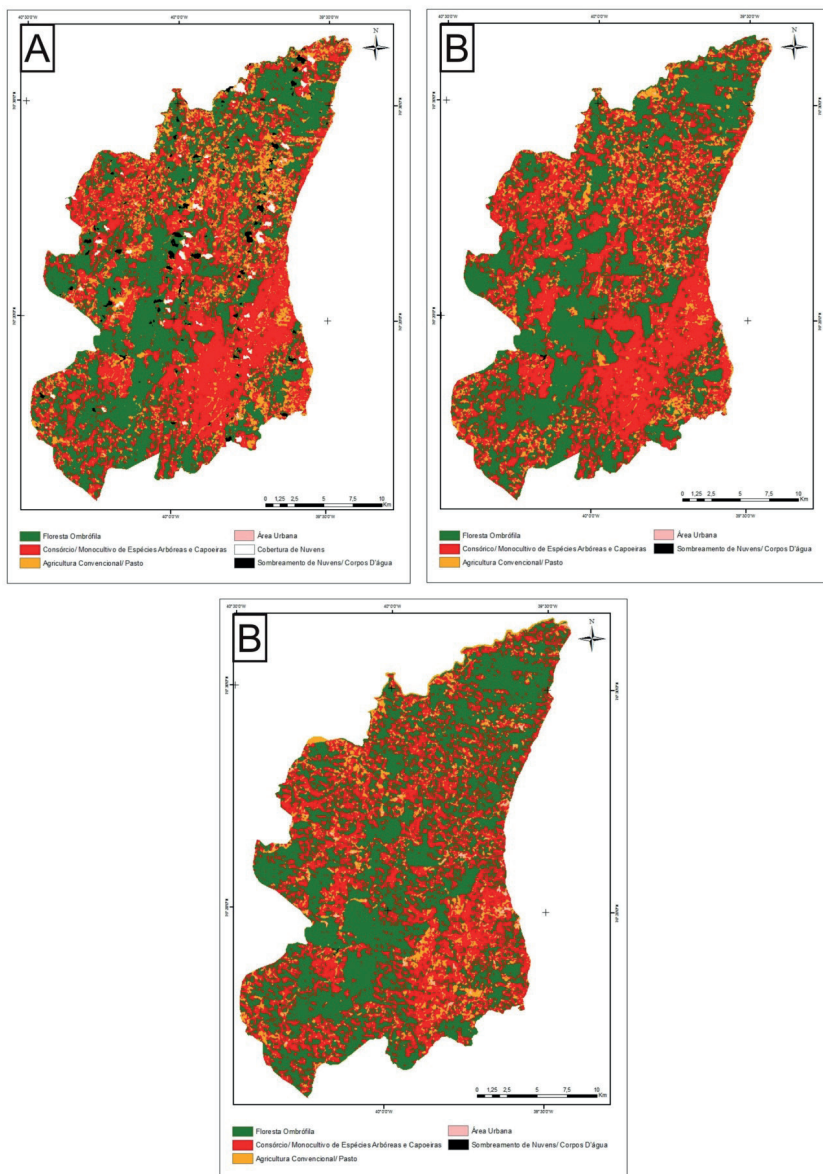



Figura 14 – Mapas de uso e cobertura do Ecopolo 2 da APA do Pratigi para os anos 1991 (A); 2000 (B); e 2010 (C)
Fonte: Elaboração pelos Autores (2017)

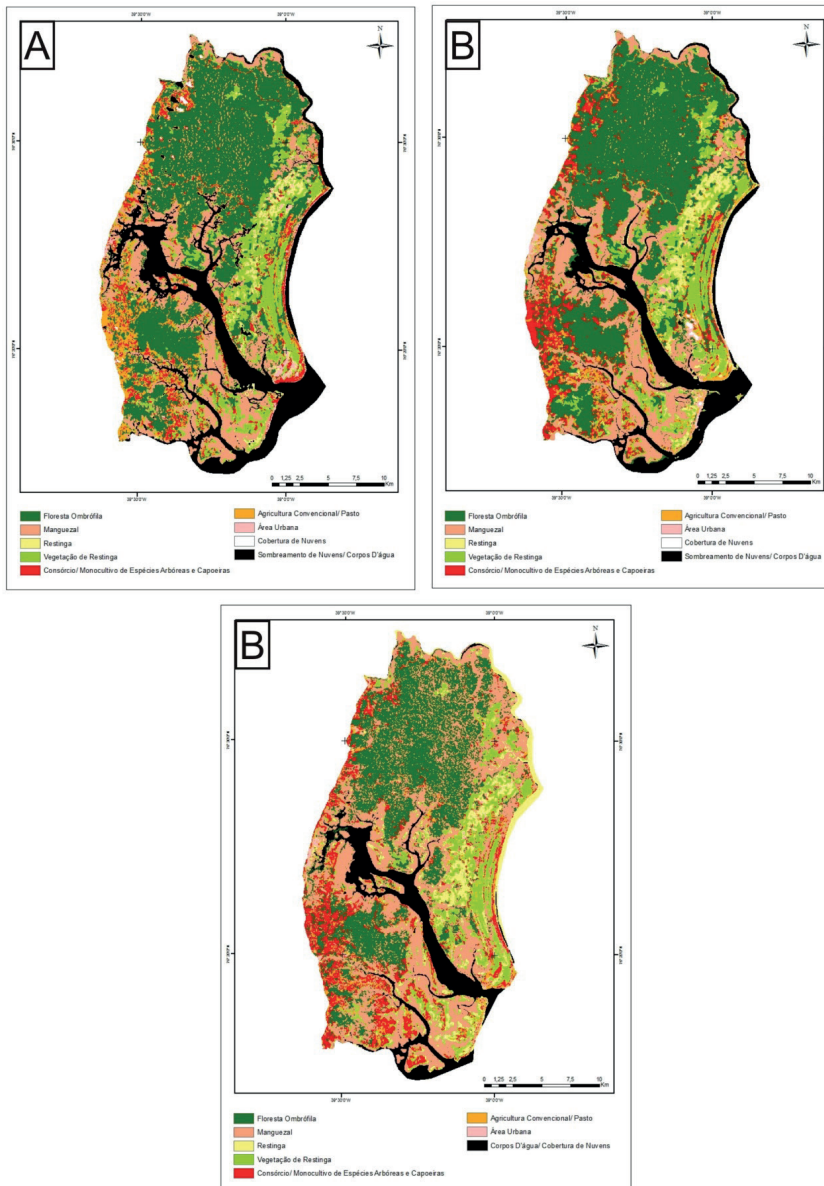



Figura 15 – Mapas de uso e cobertura do Ecopolo 3 da APA do Pratigi para os anos 1991 (A); 2000 (B); e 2010 (C)

Fonte: Elaboração pelos Autores (2017)

Referências

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente**.** O Corredor Central da Mata Atlântica: Uma Nova Escala de Conservação da Biodiversidade / Ministério do Meio Ambiente, Conservação Internacional e Fundação SOS Mata Atlântica. Brasília: Ministério do Meio Ambiente; Conservação Internacional, 2006.

CHIZZOTTI, Antonio. *Pesquisa em ciências humanas e sociais*. 2. ed. São Paulo: Cortez, 1991.

CUNHA, Luís Henrique; COELHO, Maria Célia Nunes. Política e gestão ambiental. In: CUNHA, Sandra Baptista da; GUERRA, Antonio José Teixeira (Orgs.) *A questão ambiental*: diferentes abordagens. 5 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

DIAS, Marcelo Henrique. A Capitania de São Jorge dos Ilhéus: economia e administração. In: *Um lugar na história*: a capitania e comarca de Ilhéus antes do cacau. DIAS, Marcelo Henrique; CARRARA, Ângelo Alves (Orgs.). Ilhéus: Editus, 2007a.

DIAS, Marcelo Henrique. A floresta mercantil: exploração madeireira na Capitania de Ilhéus no século XVIII. **Revista Brasileira de História**. São Paulo, v. 30, n. 59, p. 193-214, 2010.

DIAS, Marcelo Henrique. A inserção econômica dos aldeamentos jesuíticos na capitania de Ilhéus. In: *Um lugar na história*: a capitania e comarca de Ilhéus antes do cacau. DIAS, Marcelo Henrique; CARRARA, Ângelo Alves (Orgs.). Ilhéus: Editus, 2007. b

DIAS, Marcelo Henrique. *Farinha, madeiras e cabotagem*: capitania de ilhéus no antigo sistema colonial. Ilhéus: Editus, 2011.

DIEGUES, Antonio Carlos. Aspectos sociais e culturais do uso de recursos florestais da Mata Atlântica. In: SIMÔES, Luciana Lopes; LINO, Clayton Ferreira (Orgs.). *Sustentável Mata Atlântica*: a exploração de seus recursos florestais. 2. ed. São Paulo: Senac, 2003.

DIEGUES, Antônio Carlos. Etnoconservação da natureza: enfoques alternativos. In: DIEGUES, Antônio Carlos (Org.) *Etnoconservação*: novos rumos para a proteção da natureza nos trópicos. 2. ed. São Paulo: Annablume; Hucitec – NUPAUB-USP, 2000.

DRUMMOND, José Augusto. A história ambiental: temas, fontes e linhas de pesquisa. **Estudos Históricos**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 8, 1991, p. 198-215.

EMBRAPA. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

FISHER, Fernando. O que é o Baixo Sul. In: FISHER, Fernando (Org.). Baixo Sul da Bahia: uma proposta de desenvolvimento territorial. Salvador: CIAGS/UFBA, 2007. 224p. (Coleção Gestão Social - Série Editorial CIAGS)

GODOY, Ana. O modelo de natureza e a natureza do modelo. **São Paulo em Perspectiva**, v. 14 n. 4, São Paulo, out./dez. 2000.

GOMÉZ-POMPA, Arturo. KAUS, Andrea. Domesticando o mito selvagem. In: DIEGUES, Antônio Carlos (Org.). *Etnoconservação*: novos rumos para a proteção da natureza nos trópicos. 2. ed. São Paulo: Annablume; Hucitec – NUPAUB-USP, 2000.

IBGE. Censo Demográfico 2000 e Pesquisa de Orçamentos Familiares – POF 2002/2003. Mapa da Pobreza e Desigualdade – Municípios Brasileiros 2003. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em: 22 mar. 2013.

INPE; Fundação S. O. S Mata Atlântica. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica Período 2008-2010: relatório técnico. São Paulo: 2011.

IPEA/PNUD/FJP/IBGE. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, 1998.

LAMBIN, E.; ROUNSEVELL, Mark; GEIST, H. Are agricultural land use models able to predict changes in land use intensity? **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 82, n. 1-3, 2000, p. 321-331.

LUDKE, Menga; ANDRE, Marli E. D. A. *Pesquisa em Educação*: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986.

MACIEL, Lizete Shizue Bomura, SHIGUNOV NETO, Alexandre. A educação brasileira no período pombalino: uma análise histórica das reformas pombalinas do ensino. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 465-476, set./dez. 2006.

MAS, Jean-François, Monitoring land-cover changes: A comparison of change detection techniques. **International Journal of Remote Sensing**, 20:1, 1999, 139-152,

MATIAS, Lindon Fonseca. Por uma Economia Política das Geotecnologias. **Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina**, 20 a 26 de março de 2005. Universidade de São Paulo.

McDOWELL, Patricia F., WEBB II, Thompson, PATRICK, Bartlein J.. Long term environmental change. In: TURNER II, B. L., CLARK, William C., KATES, Robert W., RICHARDS, John F., MATHEWS, Jessica T. ,MEYER, William B. Meyer. (Orgs.) *The earth as transformed by human action*: global and regional changes in the biosphere over the past 300 years. United Kingdom: Cambridge University Press. Reim. 2009. 732p.

MEDEIROS, Rodrigo. Evolução das tipologias de áreas protegidas no Brasil. **Ambiente e Sociedade**. V. IX, n. 1, p. 41-64, jan./jun.2006.

MEIHY, José Carlos Sebe Bom & HOLANDA, Fabíola. *História oral*: como fazer, como pensar. São Paulo: Contexto, 2007.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO – MDA. Plano de Desenvolvimento Territorial Sustentável: Baixo Sul, Bahia, 2010.

OLIVEIRA, Rogério Ribeiro de Oliveira. Mata Atlântica, paleoterritórios e história ambiental. **Ambiente e Sociedade**. Campinas. v. X, n. 2, p. 11-23, jul.-dez. 2007.

OLMOS, Fábio. *Espécies e ecossistemas*. São Paulo: Blucher, 2010.

PÁDUA, José Augusto. Pensamento ilustrado e crítica da destruição florestal no Brasil Colonial. **Nómadas** (Col) n.22, p.152-163, abr. 2005.

PONZONI, Flávio Jorge.; SHIMABUKURO, Yosio Edemir. *Sensoriamento remoto no estudo da vegetação*. São José dos Campos: Parêntese, 2010.

RICHARDS, John F.. Land transformation. In: TURNER II, B. L.; CLARK, William C.; KATES, Robert W.; RICHARDS,; MATHEWS, Jessica T.; MEYER, William B. Meyer. (Orgs.) *The earth as transformed by human action*: global and regional changes in the biosphere over the past 300 years. United Kingdom: Cambridge University Press, reimp. 2009. 732p.

RICKLEFS, Robert. E. *A economia da natureza***.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

ROCHA, R.B. et.al. Caracterização socioambiental da Área de Proteção Ambiental do Pratigi. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE/UESC/IFV/OCT. 2010. 39p.

RODRIGUES, José Damião. Para o Socego e tranquilidade pública das Ilhas: fundamentos, ambição e limites das reformas pombalinas nos Açores. **Tempo**, v. 11, n. 21, p. 144-170, 2007.

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA – SEI. **Impactos da monocultura sobre o**

ambiente socioeconômico do litoral Sul. Salvador: SEI, 1997, 80p. (Série Estudos e Pesquisas)

WILLIAMS, Michael. Forests. In: TURNER II, B. L.; CLARK, William C.; KATES, Robert W.; RICHARDS; MATHEWS,; MEYER, William B. Meyer. (Orgs.) *The earth as transformed by human action*: global and regional changes in the biosphere over the past 300 years. United Kingdom: Cambridge University Press, reimp. 2009. 732p.

WORSTER, Donald. Para fazer história ambiental. **Estudos Históricos**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 8, 1991, p. 198-215.

WORSTER, Donald. Transformações da Terra: Para uma Perspectiva Agroecológica da História. **Ambiente e Sociedade**, Campinas, v. VI, n. 1, p. 23-44, jan.-jul. 2003.

Difusão das geotecnologias para a educação fundamental: ampliando o olhar para o ensino de geografia no contexto local

Ana Paula Rios de Carvalho
Joselisa Maria Chaves

Introdução

O ensino de Geografia na Educação Básica deve ter o propósito de ajudar crianças e jovens a construir argumentos e conceitos mais estruturados e aprofundados sobre o espaço, possibilitando levar o aluno a compreender a realidade sob o ponto de vista da espacialidade e seu papel nas práticas sociais (CAVALCANTI, 2005). Nesse contexto, o professor tem o papel de produzir instrumentos para incentivar o aluno a construir conhecimento a partir do seu local de vivência. Para tanto, as Geotecnologias destacam-se como ferramentas que, aplicadas ao processo de mapeamento, motivam e estimulam os professores de Geografia para trabalhar a espacialidade com os alunos (SOUSA e FREITAS, 2018).

As Geotecnologias compreendem um conjunto de novas tecnologias relacionadas às Geociências, as quais acarretam avanços significativos no desenvolvimento de pesquisas, planejamento, gestão, manejo e demais aspectos ligados à organização do espaço geográfico (FITZ, 2017b). No Brasil; as geotecnologias têm sido inseridas no âmbito escolar graças a órgãos como o Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE), o Instituto Brasileiro de

Geografia e Estatística (IBGE) e a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE). Além desses, foi lançado em 2015 o Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil (MapBiomas), uma iniciativa que envolve profissionais de várias áreas para gerar uma série histórica de mapas anuais de Cobertura e Uso da Terra do Brasil. Estes órgãos, as Instituições de Ensino Superior e outros órgãos federais, estaduais e municipais têm divulgado informações e disponibilizado dados geoespaciais em diferentes escalas, acessíveis ao grande público podendo ser usado pelo professor na Educação Básica.

Pesquisas realizadas tanto no Brasil quanto no exterior, a exemplo de Portugal e Moçambique, demonstram as possibilidades de utilização das tecnologias no processo de ensino-aprendizagem de Geografia no nível básico da rede pública (FERREIRA, 2017). Essa autora afirma que no Brasil o *software* mais utilizado na Educação Básica, de acordo com suas pesquisas de mestrado e doutorado, é o Google Earth, porém constata também que os professores esbarram na dificuldade de usar as geotecnologias devido à sua formação acadêmica e consequentemente suas práticas de ensino. Sendo assim, é importante oferecer cursos de formação continuada que contemplem essa temática, para incentivá-los a estudar, pesquisar e refletir sobre práticas que, possam contribuir com a responsabilidade que tem o professor de Geografia no ambiente escolar, estabelecendo assim novos olhares e novas ações (DUARTE e ANUNCIAÇÃO, 2017),.

Sabe-se que apenas investir na formação docente não irá resolver todos os problemas educacionais, mas, segundo Larocca e Tozetto (2016), a formação de professores é um dos pontos a se considerar no âmbito das modificações necessárias à educação, apesar de não ser o único nem o principal. Dessa forma, a formação continuada constitui-se num espaço em que o professor adquire novos conhecimentos durante sua vida profissional, o que reflete na prática de ensino (PAZ e SILVA e SILVA, 2017).

A partir disso, constata-se que é indispensável ao professor de Geografia ter conhecimentos básicos de Geotecnologias, para que possa utilizá-los de modo mais seguro. Segundo Pontes, Campos e Carvalho (2018), há uma deficiência na formação de professores ligada ao conhecimento e manuseio de Geotecnologias, como, por exemplo, o Sistema de Informação Geográfica e *softwares* afins.

As chamadas Geotecnologias são ferramentas que podem ser utilizadas pelo professor como recurso didático de forma direta, ao levar os estudantes para o laboratório de Informática ou usar aparelho como smartphone e desenvolver atividades com aplicativos como o Google Earth ou Maps. O Google Earth é um software com um grande número de aplicações no ensino da Geografia e de outros componentes curriculares, porém, existe o impasse da necessidade de uso da internet, o que, em geral, nas escolas, por vezes, é inexistente ou bastante limitado (PEREIRA e DINIZ, 2016)..

O professor da Educação Básica pode utilizar as Geotecnologias de forma indireta, a partir de programas como o QGIS, SPRING, dentre outros, elaborar mapas e demais recursos que podem ser empregados como ferramenta pedagógica, e inseri-las no dia a dia da sala de aula. Logo, as Geotecnologias são um auxílio valioso ao professor, porque, na criação de recursos didáticos, tornam seu trabalho mais prazeroso e significativo. Assim, as várias inovações e concepções teóricas e metodológicas que envolvem o uso de Geotecnologias na educação configuram-se como um estímulo à elaboração de novos modelos didáticos (AGUIAR, 2013), seja por meio de atividades no laboratório de Informática, seja através de materiais impressos.

Como parte da pesquisa em nível de mestrado, desenvolvida no programa Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente, na Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), o diagnóstico feito com professores de Geografia que lecionaram entre os anos de 2016, 2017 e 2018, no município de Pé de Serra, BA, tem mostrado que, em sua maioria, eles não têm formação inicial em Geo-

grafia, e os que a possuem não tiveram contato com as Geotecnologias (CARVALHO, 2019). Tal fato justificou oportunizar aos professores uma formação continuada na modalidade de oficina de Geotecnologias, possibilitando-os conhecer e sentir-se estimulados a usá-las na elaboração de materiais didáticos. Dessa forma, foi possível uma maior aproximação entre as pesquisas educacionais em nível de pós-graduação e a realidade da Educação Básica no Brasil como salienta SOARES, (2014).

A oficina pedagógica de Geotecnologias para professores da Educação Básica é um espaço ideal para mostrar que é possível desenvolver, em nível municipal, políticas públicas de ensino que visam a articular teoria e prática para construir conhecimento acerca das Geotecnologias e de seu uso no ambiente escolar com base na ação. Neste sentido, o objetivo do estudo é discutir a difusão das Geotecnologias na Educação Básica por meio de oficinas onde professor e aluno busquem uma interação que estimule o processo de ensino e de aprendizagem de Geografia a partir do contexto da realidade dos estudantes.

Procedimentos metodológicos

A oficina com os professores foi organizada em quatro encontros correspondentes a quatro horas cada, quando foram desenvolvidas atividades de reflexão e práticas sobre o ensino de Geografia, as Geotecnologias e a elaboração de materiais didáticos. A carga horária do curso foi de 16 horas presenciais e 24 horas para estudo das temáticas e planejamento e aplicação do material didático em sala de aula, somando assim um total de 40 horas. Os encontros ocorreram no período de 20 de abril a 09 de novembro de 2018 na Secretaria de Educação do Município de Pé de Serra, BA. Foram convidados a participar do curso de formação continuada, na modalidade de oficina, os professores

que lecionaram Geografia do 6º ao 9º ano naquele município entre os anos de 2016, 2017 e 2018, somando o total de 16 professores. As inscrições foram feitas por meio do preenchimento de fichas impressas.

O primeiro encontro discutiu a importância do ensino de Geografia contextualizado com a realidade local, noções básicas de cartografia digital e *Global Navigation Satellite System* – GNSS e sugestões de atividades para serem desenvolvidas em sala de aula. O segundo encontro teve como tema introdução ao Sensoriamento Remoto e seu uso na educação, além de atividades práticas com o *Google Earth*. No terceiro encontro discutiram-se noções básicas de Sistema de Informação Geográfica – SIG e demonstração da produção de mapas do município com o *software* QGIS, além da proposta de material didático elaborado com base nas Geotecnologias. No quarto e último encontro os professores apresentaram e analisaram os resultados da oficina com os alunos na qual aplicaram os materiais didáticos contextualizados com a realidade local, e, por fim, fizeram a avaliação geral da oficina, além do sorteio de livros referentes à temática estudada.

Os materiais didáticos utilizados na oficina foram: slides com textos e imagens para discutir as temáticas propostas; módulo teórico "Geotecnologias na Educação Básica", impresso e disponibilizado para os participantes no primeiro dia da oficina; módulo prático "Proposta de Atividades Contextualizadas com a Realidade Local", impresso e disponibilizado no terceiro encontro; os livros de Paulo Roberto Fitz, *Cartografia básica* (2017a) e *Geoprocessamento sem complicação* (2017b), sorteados no quarto encontro; os programas *Google Earth* (utilizado no segundo encontro) e QGIS (utilizado no terceiro encontro).

Foi realizado um diagnóstico inicial no primeiro encontro com os seguintes questionamentos: 1. Por que aceitou participar dessa Oficina de Geotecnologias para a Educação Básica? 2. Suas expectativas em relação a esse trabalho: ( ) Nenhuma ( ) Regular

( ) Boas ( ) Muito Boas. 3. Seu conhecimento sobre Geotecnologias: ( ) Não conheço ( ) Regular ( ) Bom ( ) Muito Bom. 4. Dificuldades que encontra para trabalhar os aspectos geográficos do município de Pé de Serra: ( ) Não existem dificuldades ( ) Falta de conhecimento sobre esses aspectos. ( ) Material didático que aborde esses aspectos. 5. Que aspectos você gostaria de vivenciar na Oficina para ampliar sua capacidade de inserir as Geotecnologias e o contexto local em sua prática docente?

No quarto encontro foi utilizado o quadro para avaliação geral da Oficina (Figura 1).

Avaliação da nossa Oficina	Encontros	Material teórico de apoio	Sugestões de atividades contextualizadas	Oficina com o aluno
QUE BOM!!				
QUE PENA!!				
QUE TAL?				

Figura 1 – Quadro da Avaliação Final da Oficina de Geotecnologias
Fonte: Elaboração pelas autoras

A oficina com os estudantes foi desenvolvida na Escola Municipal Deputado Luís Eduardo Magalhães em uma turma de 7º ano, composta de 22 alunos, realizada em quatro aulas de 50 minutos cada, com as seguintes etapas:

1. Diagnóstico de sondagem sobre o uso de mapas contextualizados com a realidade local e os conhecimentos prévios do aluno sobre o tema da oficina;

2. Exposição dialogada sobre o espaço rural brasileiro e do município de Pé de Serra com slides contendo textos, imagens, gráficos e tabelas com dados do Brasil e de Pé de Serra, BA, além dos mapas de litologia e solo e a carta-imagem do município;

3. Atividade individual para interpretação dos mapas e da carta-imagem do município;

4. Atividade em grupo para interpretação dos mapas e da carta-imagem do município, bem como produção de cartaz para socialização das conclusões do grupo;

5. Diagnóstico para avaliar a aprendizagem dos alunos a partir da oficina com os mapas temáticos.

Resultados e discussão

Oficina com o professor

Dos dezesseis professores convidados a participar da Oficina de Geotecnologias para a Educação Básica, nove fizeram a inscrição e oito participaram dos encontros. Dois dos que participaram do curso não estavam atuando na disciplina de Geografia no ano de 2018, mas, mesmo assim, mostraram-se interessados em participar para ampliar seu conhecimento. Os professores que não aceitaram participar justificaram falta de disponibilidade de horário. O primeiro, o segundo e o terceiro encontros foram realizados no período da manhã e repetidos no período da noite para alguns participantes que não tinham disponibilidade no turno matutino. O último encontro foi realizado apenas no noturno porque a maioria dos participantes estava disponível nesse horário. Os participantes obtiveram uma boa frequência nos encontros, alcançando uma média de mais de 75%.

Os encontros

O primeiro encontro ocorreu no dia 20 de abril de 2018 com seis professores no período matutino e dois professores no período noturno. Inicialmente, fez-se a apresentação da proposta e foram explicitados os objetivos da oficina e a metodologia. Na sequência, foi feito um diagnóstico para avaliar as expectativas em relação ao curso. Os relatos de quatro participantes referentes à questão sobre interesse em participar da oficina pode ser observado no Quadro 1.

Relatos 1	Interesse em conhecer e aprender mais sobre o uso de Geotecnologias na educação, em especial, na Geografia, como forma de melhor compreender a organização espacial.
Relato 2	Para obter conhecimento, lidar melhor com as demandas relacionadas ao ensino aprendizagem além do gosto e prazer de aprender e aplicar novas ferramentas de trabalho.
Relato 3	Oportunizar um suporte maior na área de Geografia, para tornar as aulas mais atrativas e incrementá-las.
Relato 4	Ampliar a visão/conhecimento sobre tecnologias que são essenciais na atualidade para a Geografia

Quadro 1 – Relatos referentes à questão: Por que aceitou participar dessa Oficina de Geotecnologias para a Educação Básica?

Fonte: Elaboração pelas autoras

Os relatos comprovam que os professores estavam motivados para aprender novos métodos de ensino, ampliar seus conhecimentos, melhorar seu trabalho em sala de aula e aprender sobre Geotecnologias visando dinamizar suas aulas para seus alunos. Quando perguntados sobre as expectativas em relação ao curso, 88% afirmaram "muito boas", o que reforça o interesse pela temática em estudo. A terceira questão investigava o conhecimento

sobre Geotecnologias e foi possível constatar que a maioria não tinha clareza, pois 88% marcaram "regular" e 12% "não conheço". Sobre as dificuldades que encontram para trabalhar os aspectos geográficos do município de Pé de Serra, 75% indicaram falta de conhecimento e material didático que aborde esses temas. Os professores apontaram alguns aspectos que gostariam de vivenciar no curso oferecido na modalidade de oficina (Quadro 2).

Relatos 1	Conhecer aplicativos ou suporte tecnológico que me ajudasse a inserir os conhecimentos locais de forma mais atrativa.
Relato 2	Com relação às Geotecnologias, a possibilidade de aprender a fazer uso dessas tecnologias no estudo do espaço local.
Relato 3	Gostaria de utilizar softwares como os alunos voltados para a produção do conhecimento geográfico.
Relato 4	Informações específicas do município.

Quadro 2 – Aspectos que gostaria de vivenciar na oficina
Fonte: Elaboração pelas autoras

De acordo com os relatos, houve interesse do professor em considerar o contexto local em suas aulas com ferramentas que sejam atrativas para o aluno. O diagnóstico inicial foi importante para planejar os encontros seguintes, além de conduzir o diálogo e as discussões sobre a temática em estudo. Com a apresentação da primeira oficina, que abordou o conceito e uso das Geotecnologias no espaço escolar, a Cartografia Digital e GNSS, foi possível discutir sobre o estudo do espaço geográfico e de temas ambientais por meio dessas ferramentas, juntamente com questionamentos sobre seus recursos utilizados na educação. Além da discussão teórica, os professores tiveram a oportunidade de conhecer e manusear um aparelho de GNSS e compreender seu funcionamento. Foi entregue aos participantes o material teórico de apoio, contendo textos e imagens, para ser lido durante o período do curso.

O segundo encontro desenvolveu o tema "Introdução ao Sensoriamento Remoto", com auxílio de slides e participação dos professores na discussão que teve como referência a leitura do material teórico. Utilizou-se a definição de Sensoriamento Remoto como uma técnica de obtenção de imagens da superfície terrestre, sem que haja contato físico de qualquer natureza entre o sensor e o objeto (FITZ, 2017b), bem como seus elementos, produção de imagens e seu uso na educação, além do histórico dessa tecnologia.

Os participantes levaram notebooks para o desenvolvimento da atividade prática com o *Google Earth* (Figura 2). Apenas três aparelhos de GNSS permitiram baixar o programa e por isso a atividade foi realizada em dupla. Foram desenvolvidas atividades como: visualização em 3D, definição de rotas, adição de marcadores, polígonos ou linhas. Assim, foram explorados os principais ícones do programa e discutidas as formas de usá-lo nas aulas de Geografia. Na imagem o município de Pé de Serra foi localizado e os professores puderam identificar vários elementos da paisagem e perceber como esse recurso é rico para ser explorado nas aulas. Os docentes ressaltaram as dificuldades para o desenvolvimento de atividades com o aluno usando esse programa, devido à falta de bom funcionamento dos laboratórios de Informática das escolas, porém destacaram a possibilidade de desenvolver atividades com imagens impressas.

Figura 2 – Professores desenvolvendo atividades no *Google Earth* durante o segundo encontro da oficina

Fonte: Elaboração pelas autoras

A temática "Noções Básicas de Sistema de Informação Geográfica – SIG" foi desenvolvida no terceiro encontro. A discussão teórica foi auxiliada por slides contendo textos, conceitos e imagens referentes ao SIG e seu uso na educação. Uma das atividades práticas da oficina foi orientar a instalação do programa QGIS para que os participantes pudessem conhecer a sua interface e como os mapas do município de Pé de Serra foram elaborados. O objetivo não era que o professor concluísse o curso dominando o *software*, mas que pudesse conhecê-lo em seus aspectos básicos para que pudesse auxiliá-lo na construção de material didático contextualizado com o município em que trabalha. A outra atividade prática se deu por meio da análise da "Proposta de atividades contextualizadas com a realidade local", a qual foi disponibilizada em cópia impressa e digital (Figura 3). Em conjunto, os participantes fizeram uma análise de cada sugestão de atividade destacando as possibilidades de uso em sala de aula. Como avaliação do curso, cada professor deveria escolher uma sugestão de atividade, planejar e aplicar uma oficina com os alunos para discutir os resultados no último encontro.

Figura 3 – Análise da proposta de atividades contextualizada com a realidade local

Fonte: Elaboração pelas autoras

O quarto e último encontro, ocorreu no dia 09 de novembro de 2018, com seis participantes no período noturno,ou seja, quase quatro meses após o terceiro para que os professores tivessem um tempo maior para planejar e aplicar a oficina com uma turma na escola em que trabalhava. Foram apresentadas as oficinas desenvolvidas com os alunos utilizando uma das sugestões de atividades analisadas no terceiro encontro; também feito o sorteio dos dois livros já mencionados de Paulo Roberto Fritz, além da avaliação geral do curso de formação continuada na modalidade de oficina.

Todos os participantes avaliaram de forma positiva os encontros, destacando que foram produtivos, dinâmicos, cheios de informação e aprendizagens. Como aspectos negativos dos encontros foram apontados o tempo insuficiente, a ausência em alguns encontros e a falta de uma boa internet no local do curso (Quadro 3).

Aspectos	Positivos	Negativos
Relato 1	Os encontros foram dinâmicos, com ótima explicação e interação da orientadora com os participantes; os debates sobre o uso de Geotecnologias nas aulas.	O tempo foi curto e a minha ausência em alguns encontros dificultaram minha aprendizagem em determinados temas/Geotecnologias.
Relato 2	Produtivo. Cheios de informações e aprendizagens.	Poderia ter um tempo maior. Para analisar, refletir, adequar mais a nossa realidade.
Relato 3	Os encontros foram muito bom, produtivo e informativo.	Foi uma pena não ter participado dos anteriores, pela minha limitação de horários.
Relato 4	Muito prazeroso e participativo, pois foi um ambiente de troca de experiências e relatos que enriqueceram nossa prática didática.	Nem todos os professores de Geografia estiveram presentes.
Relato 5	Trouxe conhecimentos e inovações para aplicarmos em nossas aulas.	A estrutura do local (sala) poderia oferecer melhor e maior quantidade de recursos tecnológicos. Uma boa internet, por exemplo, facilitaria um melhor desempenho.

Quadro 3 – Aspectos positivos e negativos dos encontros com professor
Fonte: Elaboração pelas autoras

Os professores apresentaram as seguintes sugestóes: realizar encontros frequentes durante o ano letivo para a discussão de material com uso de Geotecnologias como recurso didático, dar continuidade às atividades nos encontros da disciplina Geografia, aplicar todas as atividades no ano seguinte, manter uma rede ou grupo de contatos para troca de experiências e sugestões de atividades ou ações didáticas; e, realizar a oficina novamente de maneira intensiva na Jornada Pedagógica de 2019.

Material teórico de apoio

O material teórico de apoio, intitulado "Geotecnologias na Educação Básica", foi disponibilizado ao professor no primeiro encontro nas formas impressa e digital e teve por objetivo ofere-

cer um suporte teórico e metodológico sobre as Geotecnologias e seu uso na educação. Concebido como um módulo de linguagem acessível a um público que teve pouco ou nenhum contato com a temática durante sua formação inicial, o produto contém 35 páginas de textos, esquemas e imagens que facilitam a compreensão de seus seis temas: 1) Introdução à Cartografia Digital; 2) Conhecendo o Global Navigation Satellite System - GNSS; 3) Introdução ao Sensoriamento Remoto; 4) Noções Básicas de Sistema de Informação Geográfica – SIG; 5) Importância do uso de SIG na Educação Básica; e 6) Atividades contextualizadas com a realidade local usando Geotecnologias. Os professores avaliaram de forma positiva afirmando ser um material rico e proveitoso (Quadro 4).

Relato 1	Excelente material de apoio disponibilizado aos professores, organizado no módulo, sendo apresentado e discutido.
Relato 2	O material bem elaborado e contextualizado. Pertinente e proveitoso para nossa reflexão.
Relato 3	Muito rico e produtivo
Relato 4	Bem fundamentado. Explorador. Contextualizado
Relato 5	De fácil compreensão e assimilação, mesmo para quem não tinha nenhum embasamento.
Relato 6	Excelente.
Relato 7	Aborda e nos remete a uma visão diferente e reflexiva
Relato 8	A educação com as Geotecnologias na Educação Básica é muito pertinente para a nossa relação espaço/homem

Quadro 4 – Aspectos positivos do material teórico de apoio usado **na oficina com o professor**

Fonte: Elaboração pelas autoras

Com relação aos aspectos negativos do material teórico de apoio, alguns professores ressaltaram: dificuldades técnicas com

internet e instalação de *softwares,* o que prejudicou a prática de alguns exercícios; a não conclusão da leitura completa do material devido à falta de tempo; a ausência no município de um acervo sobre essa temática; dificuldades em manusear os recursos tecnológicos, dos quais algumas escolas ainda não dispõem.

Sugestões dos participantes da oficina: aplicação de algumas atividades no ano seguinte; conclusão da leitura do material; aquisição do acervo relacionado à temática pela Secretaria de Educação, para criar o "Cantinho da Geografia"; e, nos encontros ou reuniões pedagógicas da área de Geografia, os professores aprenderem a fazer uso de alguns recursos básicos para usar com os alunos, como Google Earth, ou Maps, ou GNSS.

Material para atividades práticas

A "Sugestão de Atividades Contextualizadas" constitui-se em um módulo contendo uma apresentação que esclarece ao professor a sua finalidade e como deve ser aproveitado, avaliado e adequado a seu planejamento anual e bimestral. O objetivo desse material é apresentar ao professor de Geografia uma alternativa de recurso didático que contemple temas dessa disciplina, relacionados à localidade de vivência do estudante para que a aprendizagem ocorra de forma envolvente e significativa. Configura-se como um projeto piloto, pois pode ser adaptado à realidade de outros municípios, onde o professor pode usar as Geotecnologias para produzir mapas temáticos de sua localidade de ensino.

Foram utilizadas imagens de satélites disponíveis no programa Google Earth, recortadas e, adicionados, elementos cartográficos para o desenvolvimento da proposta de atividade.

Para elaboração da carta-imagem do município de Pé de Serra foi utilizada uma imagem de satélite do Landsat OLI8, de 13 de janeiro de 2018 (disponível em https://earthexplorer.uegs.gov/). Os mapas foram produzidos com o programa QGIS 3.0.1

(disponível para download em https://www.qgis.org/pt_BR/site/), o qual se constitui em um Sistema de Informação Geográfica livre e aberto, por isso indicado para o uso educacional. O programa também apresenta uma interface muito simples para o usuário com ícones sugestivos que facilitam o seu uso.

O material apresenta oito sugestões de atividades onde estão descritos: público alvo, tema, objetivo, materiais e desenvolvimento (Figura 4). Constituem-se em sequências didáticas elaboradas de acordo com os conteúdos orientados pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para cada série.

ATIVIDADE 01

PÚBLICO ÁLVO: 6º ano
TEMA: Orientação
OBJETIVO: Desenvolver noções de orientação e localização no espaço geográfico a partir de referências do seu espaço vivido.
DESENVOLVIMENTO:

1. Desenvolver um exercício de lateralidade (esquerda e direita, frente e atrás) com os alunos para que eles possam citar em relação a ele mesmo, a posição dos colegas e alguns objetos presentes na sala de aula;
2. Discutir a orientação pelos astros;
3. Orientar o aluno a desenhar e recortar uma rosa dos ventos para auxiliá-lo no desenvolvimento da atividade seguinte.
4. Entregar a cada aluno a atividade contendo a imagem do centro da cidade (Figura 01) com os seguintes exercícios:

(a) Você está caminhando pelo centro da cidade de Pé de Serra, descreva o trajeto saindo da Escola Jorge, indo primeiro ao Banco e em seguida ao Supermercado. Empregue os pontos cardeais e os colaterais. Empregue também a lateralidade direita e esquerda.
(b) Empregando os pontos cardeais e colaterais, preencha as lacunas de modo a tornar as frases verdadeiras.
"A quadra de esportes em relação à Padaria e Lanchonete está à ______________________, em relação à Igreja ____________________________ e em relação ao Banco está à ____."
"A Escola General em relação ao Fórum está à _______________________ e em relação ao correio está à ____________________________."
(c) Onde, pela manhã, o sol aparece primeiro, na Igreja ou no Hospital? Por quê?
(d) Escolha e descreva o menor trajeto a ser percorrido entre a Escola Jorge e a Quadra de Esportes.
(e) Duas pessoas saem da Igreja e querem ir ao Fórum. A primeira necessita inicialmente passar no Banco, já a segunda na Quadra de Esportes. Qual das duas fará o menor trajeto?

Figura 4 – Exemplo de atividade do módulo "Sugestão de Atividades Contextualizadas"

Fonte: Elaboração pelas autoras

Na avaliação desse material, os professores ressaltaram que a proposta foi pertinente e proveitosa com atividades realizáveis,

destacaram também o fato de ser contextualizada com a realidade do aluno (Quadro 5).

Relato 1	Excelente material produzido de acordo ao contexto local.
Relato 2	As atividades foram muito bem elaboradas e contextualizadas. Material rico e diversificado.
Relato 3	São atividades contextualizadas com o lugar em que vivemos.
Relato 4	Todas as atividades foram totalmente contextualizadas e muito interessantes para realidade do aluno.
Relato 5	As atividades abordaram o contexto local, isso permitiu o vislumbre da realidade local.
Relato 6	As propostas de trabalho foram muito proveitosas para a aprendizagem.

Quadro 5 – Aspectos positivos do módulo "Sugestões de Atividades Contextualizadas"

Fonte: Elaboração pelas autoras

Dentre os aspectos negativos, em sua maioria os professores ressaltaram: pouco tempo disponível para fazer uso do material nas aulas, uso esse que foi insuficiente. Cumpre esclarecer que o objetivo não era a aplicação de todas as atividades pelos participantes no período da oficina, mas a apresentação ao professor de uma alternativa de recurso didático adequado à realidade local. Foi solicitado apenas que cada participante escolhesse uma das atividades e a aplicasse no período do curso.

Sugestões dos professores: compartilhamento do material com outras instituições e outros grupos de professores; realização de encontros mensais para a discussão e produção de atividades pedagógicas de acordo com o contexto local e/ou em outras escalas de análise; planejamento da aplicação das atividades no início do ano letivo de 2019, inserindo-as ao longo do ano; desenvolvimento de atividades que explorem o regionalismo e demandas locais para permitir a compreensão das configurações locais e regionais.

Aplicação em sala de aula

Dos oito professores participantes do curso, quatro conseguiram desenvolver a oficina com uma turma em que atuava. O Quadro 6 descreve as atividades conduzidas por dois desses professores.

Observa-se nos relatos dos professores que a aplicação da atividade foi bastante proveitosa tanto para o aluno quanto para o docente. Foi possível perceber que os materiais contendo informações do município em que a escola está inserida, despertou o interesse do aluno evitando a dispersão do mesmo durante a aula. O professor sentiu-se motivado a preparar novas aulas usando recursos adequados para discutir o contexto local. Tal experimento demonstra a importância de continuar fazendo um trabalho de divulgação das Geotecnologias para seu uso na Educação Básica.

Os demais professores aplicaram atividades usando mapa de localização do município, imagem do *Google Earth* com área recortada do centro de Pé de Serra e mapas de solo e litologia do município. Todos os professores que aplicaram a oficina com o aluno destacaram aspectos positivos como os relatados no Quadro 7.

	Professor A	Professor B
Público alvo	8º Ano	7º Ano
Tema	Conhecendo os Municípios Vizinhos de Pé De Serra	A utilização de geotecnologias no estudo do município de Pé de Serra – Bahia
Objetivo	Reconhecer o território de identidade ao qual o município de Pé de Serra está inserido, identificar e localizar os seus municípios vizinhos, bem como, os principais aspectos geográficos desses municípios e compará-los aos de outros municípios no Brasil e no Mundo.	Compreender os conceitos básicos de cartografia e relacioná-los com os conceitos básicos de Geografia (paisagem, lugar, região e território) e com seu espaço local, através do uso de produtos das geotecnologias no processo educacional, como as imagens de satélites e mapas locais.
Materiais	Mapa dos municípios do território de identidade da Bacia do Jacuípe com e sem os nomes dos municípios.	Data show; notebook; livro didático; material de apoio (mapas coloridos e carta-imagem do município de Pé de Serra e roteiro de atividades).
Etapas	1) Fornecer aos alunos uma lista com os 15 municípios do Território de Identidade da Bacia do Jacuípe; fornecer o mapa desse território com o contorno dos municípios, porém sem os nomes; os alunos deverão localizar e escrever o nome dos municípios no mapa. 2) Entregar aos alunos o mapa desse território com os municípios indicados e solicitar que façam as devidas correções. 3) Solicitar que cada aluno/grupo de alunos escolha um dos municípios e faça uma pesquisa para caracterizar e/ou trazer informações sobre o campo e a cidade desse município.	1) Aula expositiva participada; 2)Realização de trabalho em grupos (três alunos) para análise e interpretação das imagens (mapas) adquiridas com os recursos das geotecnologias; 4) Resolução e discussão coletiva dos exercícios propostos no material de apoio.
Relato	Os alunos ficaram felizes em reconhecer a área territorial do seu município, os municípios vizinhos de Pé de Serra, poder calcular e comparar a densidade demográfica, destacando ainda os	A aula foi bastante dinâmica e os alunos mostraram-se curiosos com a realização da atividade proposta. Inicialmente foi realizado um diagnóstico sobre o conhecimento dos alunos acerca de seu espaço de vivência. Esta atividade iniciou-se com uma conversa informal e exposição de mapas do Brasil e da Bahia para discutir com

Quadro 6 – Descrição das atividades desenvolvidas com alunos por dois professores

Fonte: Elaboração pelas autoras

Relato 1	Os alunos mostraram-se bastante curiosos e interessados, analisando o material didático, questionando e realizando as atividades propostas.
Relato 2	Os alunos participaram ativamente da oficina. Entusiasmaram-se muito com a realização, pois se sentiram pertencentes com as questões do município.
Relato 3	Os alunos demonstraram envolvimento e participação.
Relato 4	Houve participação dos alunos de forma satisfatória.
Relato 5	Muita proveitosa.

Quadro 7 – Relato dos professores sobre os aspectos positivos da aplicação da oficina com o aluno

Fonte: Elaboração pelas autoras

A Figura 5 mostra os mapas utilizados pelos professores no desenvolvimento da oficina com o aluno. Já, a Figura 6 mostra alunos desenvolvendo atividades com os mapas.

Dentre os pontos negativos em relação à oficina com o aluno 90% dos professores destacaram a falta de tempo, imprevistos e contratempos no calendário escolar. Quando solicitados a dar sugestões em relação a aplicar a oficina com o aluno, os professores apontaram usar com mais frequência as Geotecnologias e seus produtos como recurso didático na análise de fenômenos socioambientais, usar o material no mínimo uma vez por unidade, melhorar o acesso à internet para desenvolver também atividades com o celular. Além das oito atividades sugeridas no material da oficina, os professores propuseram também realizar saídas de campo para fazer um estudo mais aprofundado dos aspectos naturais do município, tais como vegetação, solo, relevo, hidrografia e até mesmo desenvolver um trabalho interdisciplinar convidando professores de Ciências, Matemática, História e Língua Portuguesa.

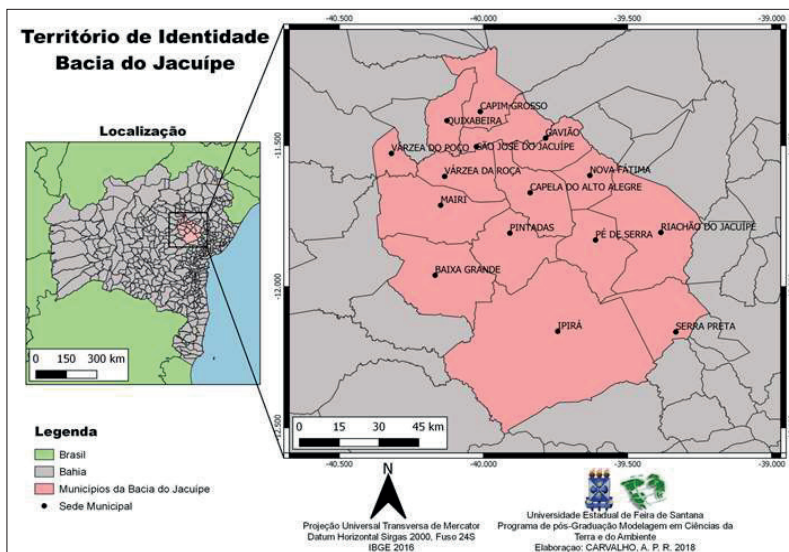
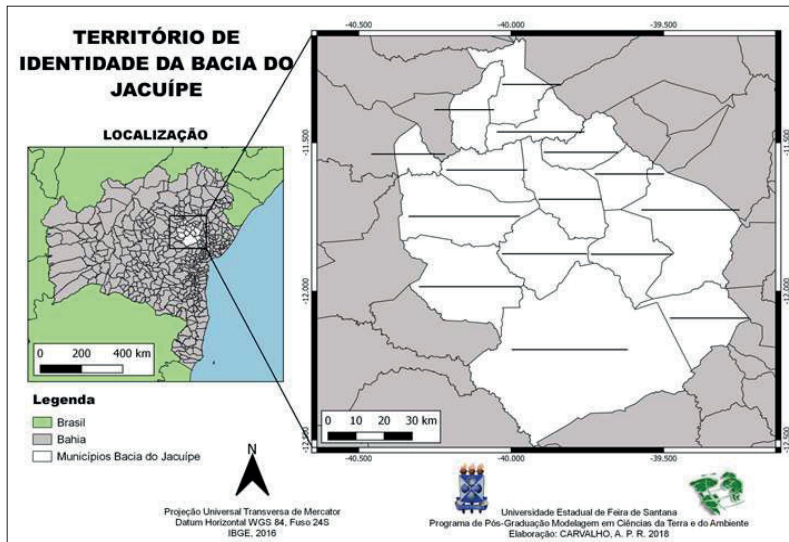



Figura 5 – Mapas do Território de Identidade da Bacia do Jacuípe usados pelos professores na oficina com o aluno

Fonte: Elaboração pelas autoras

Figura 6 – Oficina com aluno realizada por um professor participante do curso
Fonte: Arquivo cedido pelo professor regente da turma (2018)

Oficina com aluno

Para discutir a contribuição das geotecnologias na contextualização do ensino de Geografia com a realidade local foi desenvolvida uma oficina com alunos utilizando mapas do município de Pé de Serra, e também mapas de litologia, solos e a carta-imagem do município.

Para essa atividade, incialmente, foi realizado um diagnóstico de sondagem relacionado ao tema da oficina, o qual inclui três questões sobre o local de moradia, a percepção do espaço rural do seu município e os mapas que conheciam (Quadro 8).

QUESTIONAMENTO	RESPOSTAS DOS ALUNOS
Você mora no campo ou na cidade?	72% no campo e 28% na sede municipal
Como você percebe o espaço rural do seu município?	39% problemas ambientais e as dificuldades encontradas no campo; 33% dos alunos apontaram os elementos que compõem a paisagem rural do seu município; 12% destacaram que o campo é um lugar muito agradável e tranquilo para viver; 17% não responderam.
Quais mapas você conhece?	30% mapa do município; 70% mapa da Bahia e do Brasil.

Quadro 8 – Diagnóstico de sondagem para oficina com o aluno
Fonte: Elaboração pelas autoras

Com essas questões os alunos destacaram elementos importantes a serem discutidos na oficina. Eles citaram problemas ambientais, tais como a ausência da vegetação e o desmatamento, a seca, os baixos ganhos do trabalhador rural, a escassez de chuvas. Quanto aos elementos que compõem a paisagem rural do seu município, foram destacados os trabalhadores do campo, os animais, as plantações, a caatinga, as casas e muito espaço. A maioria dos alunos mostrou não conhecer o mapa do seu município, o que revela a importância de se fazer um trabalho diretamente com esse material.

A oficina foi iniciada debatendo as questões que envolvem o espaço rural brasileiro e suas relações com o espaço rural de Pé de Serra. Durante o diálogo, a partir de slides contendo informações desses espaços, os alunos se mostraram bastante envolvidos na discussão, dando exemplos do que vivenciam no seu espaço e questionando sobre o espaço brasileiro.

Ao destacar as questões de mecanização do campo, foram apresentados dados do censo agropecuário do IBGE, que demonstram a pouca quantidade de máquinas e implementos agrícolas no município. Uma das alunas destacou que na sua localidade exis-

te apenas uma máquina de arar terra, pertencente à Associação Comunitária e que sua família e os demais vizinhos a utilizam.

Ao discutir os principais problemas que envolvem o espaço rural, os alunos puderam perceber, por meio dos dados apresentados sobre o Brasil, que alguns desses problemas ocorrem no seu município, como, por exemplo, a falta de investimento na agricultura familiar, o subaproveitamento do espaço agrário (onde perceberam como o uso da carta-imagem que a maior parte do solo do município de Pé de Serra está ocupada por pastagens), o empobrecimento do solo e a falta de investimentos do governo para o pequeno agricultor. Outra questão que os alunos constataram foi que no seu município o problema da concentração de terras não está tão agravado quanto em outras áreas do país.

Na sequência, os alunos receberam uma atividade de interpretação com os mapas de litologia e de solos, além da carta-imagem do município. Foram revisadas oralmente as principais partes que compõem um mapa (título, legenda e escala). Na atividade de exploração dos mapas e da carta-imagem os alunos puderam, de forma mais detalhada, estudar os mapas a partir da legenda, inicialmente individual e depois em grupos (Figura 7).

A primeira questão, referente ao potencial de solo do município de Pé de Serra, foi acertada por todos os alunos, os quais apontaram o potencial baixo/restrito. A segunda questão referente ao tipo de solo da sua localidade foi acertada por 88% dos alunos, o que mostra que a maioria deles conseguiu fazer a interpretação do mapa a partir da legenda e adquirir conhecimentos sobre sua localidade.

A terceira questão solicitava que observassem como estão distribuídos os tipos de solos do município e escolhessem dois tipos para descrever: 68% dos alunos escolheram o solo da sua localidade para fazer a descrição. Ao observar a legenda, descreveram o Planossolo Háplico Eutrófico Solódico – SXen, conseguindo identificar uma textura arenosa em relevo plano e

suave ondulado. Foi destacado pelos alunos que esse tipo de solo ocorre na maior parte do município.

Figura 7 – Aluna fazendo individualmente a atividade de leitura e interpretação dos mapas e da carta-imagem.
Fonte: Elaboração pelas autoras

A quarta questão solicitava que indicassem os tipos de cultivos mais propícios para os solos do município. Foram apontados 12 tipos de cultivos, sendo os mais indicados os de palma, feijão, umbu, mandacaru, acerola, milho, a cajá e a pinha.

Muitos desses cultivos são consumidos pelos alunos, outros eles afirmaram ver as plantações em suas localidades, alguns frutos são utilizados para fabricação de polpas para a merenda escolar, como a acerola, o umbu e a cajá.

A partir dessa questão foi possível discutir a importância dos solos para a vida humana e para o meio ambiente; que, mesmo tendo tipos de solos pouco desenvolvidos, os do município produzem uma grande variedade de cultivos, por isso a importância de preservar e cuidar mais dos solos da localidade.

O mapa de litologia do município foi importante para o aluno relacionar as Serras do Leão e do Bugio ao tipo litológico nas quais estão inseridas. Os inselbergues presentes na sede municipal despertaram o interesse do aluno (Figura 8). Todos os alunos conseguiram identificar a partir da legenda que os inselbergues estão relacionados à rocha ígnea ou magmática.

Figura 8 – Inselbergue Serra do Bugio ao centro da imagem.
Fonte: Elaboração pelas autoras

Quando perguntados que valor esses corpos rochosos poderiam ter, a maioria (93%) apontou o valor cultural e/ou ambiental. O valor cultural foi apontado por 43%, os quais justificaram que "atrai turismo para a cidade", porque "em algumas festas as serras são visitadas" e é "local de diversão". O valor ambiental foi apontado por 37% dos alunos, os quais justificaram ser uma "obra da natureza", "a vegetação e a beleza", "faz bem para a natureza". Apenas 7% apontaram valor econômico, conforme se pode observar na Figura 9.

Com esta questão foi possível discutir o valor que as serras têm para o município e a importância de preservá-las. A maioria dos alunos reconhece que essa litologia é um atrativo para os visitantes que a cidade recebe, e local para ser desfrutado pelos moradores locais.

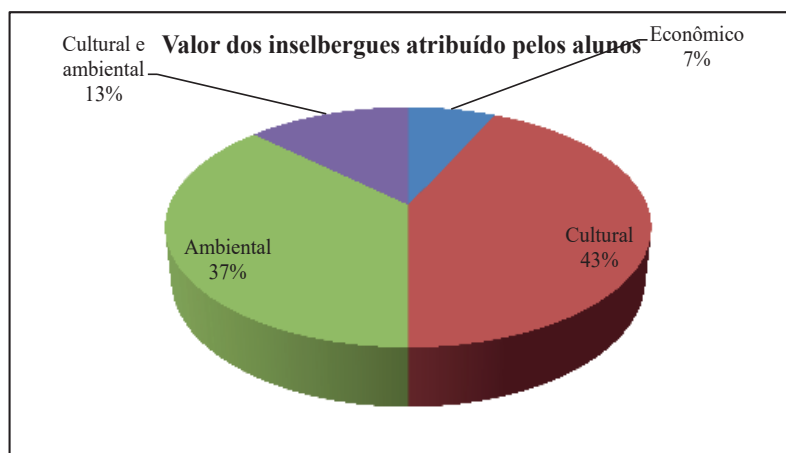



Figura 9 – Valor que os alunos atribuíram aos inselbergues do município
Fonte: Elaboração pelas autoras

A carta-imagem do município foi utilizada para analisar as características de Cobertura do Solo. A partir da legenda, os alunos conseguiram identificar as áreas de pastagens, solo exposto e vegetação. A sétima questão solicitava que observasse a carta-imagem e descrevesse as formas de uso e cobertura do solo no município de Pé de Serra – BA (Quadro IX).

ALUNOS	PASTAGEM	SOLO EXPOSTO	VEGETAÇÃO
A	Predomina no nosso município	Já não planta mais nada	Pouca vegetação
B	Muita pastagem	Deveria diminuir	A vegetação está pouca
C	Para criação de animais.	Não nasce mais nada.	Não tem mais vegetação.
D	A maior parte é pastagem.	O solo está muito exposto.	Com pouca vegetação.
E	É a que mais predomina em Pé de Serra.	Tem uma boa quantidade de solo exposto.	É pouco usada, deveria ter mais.
F	É a que mais predomina.	Tem muito solo exposto.	Deve ser mais preservada.
G	Pastagem muita.	Solo exposto pouco.	É muito pouca.
H	Predomina mais em Pé de Serra.	Pouco solo exposto.	É usada dificilmente, deveria ser mais usada.
I	Não é muito bom para nós.	É ruim para a nossa cidade.	Precisa de mais preservação.
J	Muita.	Pouco.	Pouca.
K	Tem muito, mas acaba com o nosso planeta.	Solo exposto predomina.	Tem, mas poderia ter mais.
L	Tem muita pastagem.	O solo está muito exposto	A vegetação do nosso município está quase toda desmatada.
M	Predomina no nosso município.	Já não planta nada.	Pouca.
N	Para a pastagem de animais.	Deveria diminuir.	Predomina a pastagem.
O	Muita pastagem.	A maior parte é de solo exposto.	Deveria ser mais preservada por nós.
P	Tem muito pasto.	O solo está muito exposto.	Está toda desmatada
Q	É muito ruim.	Não nasce mais nada.	Tinha mas não tem mais.
R	Vegetação retirada para criar animais.	È o que mais tem no município.	Desmatada.
S	É a que mais vemos no nosso município.	Tem uma boa quantidade de solo exposto.	Está em maior parte destruída.
T	Não é bom para o meio ambiente.	Tem muito solo exposto.	Quase não tem vegetação.

Quadro 9 – Descrição das formas de uso e cobertura do solo feita pelos alunos a partir da carta-imagem do município de Pé de Serra, BA
Fonte: Elaboração pelas autoras

Pode-se observar que foi possível o aluno perceber, a partir da carta-imagem, que no município há predominância de pastagens, onde alguns destacaram que é "para criação de animais", "não é muito bom para nós", "acaba com o nosso planeta". Sendo possível discutir com a turma as causas e consequências do aumento das pastagens.

Em relação ao solo exposto, muitos alunos perceberam que existe uma significativa quantidade desse tipo de no município e alguns destacaram a infertilidade: "não nasce mais nada"; "já não se planta mais nada". Os alunos conseguiram identificar que o município quase não tem vegetação: "a vegetação do nosso município está quase toda desmatada"; "não tem mais vegetação". A partir dessas respostas foi possível discutir a importância da caatinga para a manutenção da biodiversidade, para melhorar a qualidade do clima local e para a proteção do solo.

A oitava questão solicitava que identificassem na carta-imagem áreas propícias, no município, para represar água, pastagens, plantio ou áreas preservadas (Figura 10).

A maioria dos alunos (82%) indicou áreas propícias para aguada; 52%, áreas para aguada e áreas a serem preservadas; 18%, apenas áreas de aguada; 6%, aguada e plantio; outros 6%, aguada, área preservada e plantio. Observa-se que os alunos reconhecem a necessidade de fazer aguada no município, pois convivem muitas vezes com a realidade da estiagem. Muitos sugeriram fazer aguada em cada povoado em áreas mais baixas do relevo, outros sugeriram fazer plantios próximos às aguadas. As áreas indicadas para preservação foram as das Serras do Leão e do Bugio, o Morro do Boqueirão e com vegetação de caatinga fechada, que ainda restam no município.

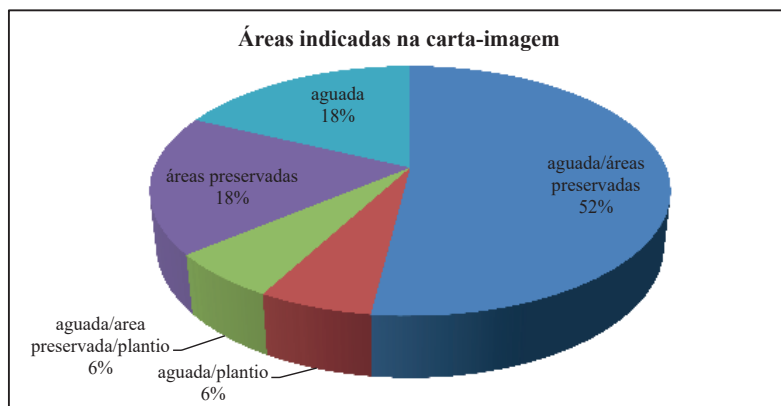



Figura 10 – Áreas indicadas pelos alunos na carta-imagem propícias a aguada, pastagens, plantio ou para preservação
Fonte: Elaboração pelas autoras

As questões relacionadas à carta-imagem foram importantes para os alunos analisarem as condições ambientais do seu município. Além de perceber os problemas relacionados ao uso e cobertura do Solo, eles deram sugestões de como melhor preservar a natureza. A questão 9 solicitava que eles indicassem ações que devem ser desenvolvidas no município para melhorar a preservação ambiental. Ações sugeridas foram: como fazer a limpeza e a revitalização do Brejo; plantar árvores; não desmatar; não jogar lixo nas ruas; diminuir as áreas de pastagens e a poluição; e, preservar os lugares históricos, como a Serra do Leão e a Serra do Bugio. Com essas questões, foi possível desenvolver com os alunos uma reflexão sobre o papel da comunidade local na preservação ambiental do seu município.

Em grupos, os alunos produziram cartazes destacando o que conseguiram aprender sobre as características de Uso e Cobertura do Solo e a preservação ambiental do município a partir dos mapas de litologia e solo e da carta-imagem. A Figura 11 mostra alunas apresentando produções realizadas pela turma, as quais

foram importantes para socializar sua aprendizagem sobre as características de uso e cobertura do solo do seu município, bem como a necessidade de práticas de preservação ambiental.

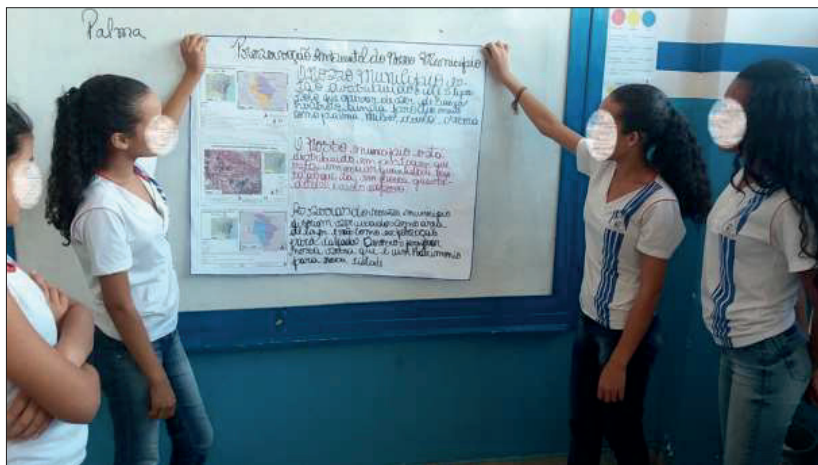



Figura 11 – Grupo de alunas apresentando o cartaz com as conclusões sobre as características de uso e cobertura do solo e a preservação ambiental do município
Fonte: Elaboração pelas autoras

Após a apresentação dos cinco grupos, os cartazes foram fixados na parede da sala de aula da turma. Na sequência foi entregue uma ficha para que os alunos avaliassem a oficina que foi desenvolvida usando os mapas e a carta-imagem do município.

Quando perguntados sobre o que mudou na sua visão sobre os aspectos ambientais do município de Pé de Serra, depois da oficina, os alunos afirmaram que conseguiram aprender mais sobre o seu município, destacando a distribuição do solo, os tipos de cultivos, a vegetação e a necessidade de preservar o meio ambiente.

Os alunos avaliaram de forma satisfatória a contribuição dos mapas e da carta-imagem usados na oficina para a sua

compreensão dos aspectos ambientais do seu município, sendo que 96% indicaram a oficina como muito boa ou excelente. Quando perguntados por quê, muitos afirmaram que "aprenderam mais sobre o município"; outros destacaram que "ficou mais fácil de entender". Um aluno afirmou: Tínhamos uma noção de que estávamos aprendendo mais específico". Outro aluno afirmou que "foi melhor porque eu já conhecia a cidade". Essas afirmações comprovam que a utilização de recurso didático adequado para a realidade do aluno tornou a aprendizagem mais significativa e intigante

No final da oficina foi feita uma avaliação pelo professor da turma contendo quatro questões. A primeira indagava se ele utilizaria a base de dados cartográfica do município de Pé de Serra em suas aulas, quais e por quê. As respostas foram: "Sim. Imagens de satélite, carta-imagem e outros dados. Porque trazem informações da realidade dos alunos ajudando-os a compreender seu espaço". A segunda questão queria saber se o professor utilizaria o método da oficina em novas aulas, com outras turmas e por quê, a resposta foi: "Sim. Apresenta informações específicas do nosso município, contribuindo com a melhor compreensão do espaço do aluno, além de poder ser contextualizada com o material didático da disciplina".

Quando perguntado o que mudaria ou acrescentaria nessa oficina, foi respondido: "A oficina apresenta metodologia satisfatória para desenvolver um aprendizado grandioso". A quarta questão solicitava que apontasse os pontos fortes e fracos dessa metodologia, tendo como resposta: "Um dos pontos fortes da metodologia é trabalhar com a realidade dos estudantes contextualizada com o material didático, até então não foi percebido nenhum ponto fraco na metodologia da oficina".

O professor da turma, que acompanhou todo o processo de aplicação do material em sala de aula, também avaliou de forma

positiva a oficina. Destacou que a metodologia contribuiu para o aluno compreender o espaço em que vive e desenvolver maior aprendizagem.

Ao realizar a aplicação de parte do material elaborado a partir do programa QGIS em uma turma de 7º ano do ensino fundamental, foi possível perceber que os mapas temáticos contribuíram para o aluno fazer um estudo mais adequado das condições ambientais do seu município. O uso dos mapas de solo, litologia e da carta-imagem e dos dados do IBGE referentes ao município de Pé de Serra foi fundamental para os alunos compreenderem questões ambientais e do campo no seu município, sendo possível fazer relações com a escala nacional.

Percebeu-se que os alunos mostraram-se interessados em discutir características geoambientais do seu município a partir dos mapas e da carta-imagem. Foi possível desenvolver observações, reflexões, interpretação desses materiais, além da análise crítica, o que é essencial para a formação do aluno crítico e participativo na sociedade e meio ambiente em que vive. Ao desenvolver tais habilidades, o aluno pode, a partir dos conhecimentos acumulados pela humanidade, refletir sobre a realidade em que vive e fazer as transformações necessárias.

A oficina realizada com a turma do 7º ano do ensino fundamental mostrou que é possível utilizar material didático adequado à realidade do aluno a partir das geotecnologias, tornando a aprendizagem mais prazerosa e significativa. Muitos alunos se interessaram em saber termos técnicos e científicos presentes nos mapas da sua localidade. Esse aspecto revela que a familiaridade com o espaço que está sendo estudado desperta mais interesse e curiosidade pelo conhecimento.

Conclusão

Ao desenvolver o curso de formação continuada para professores da Educação Básica na modalidade de oficina, com o tema "Geotecnologias na Contextualização do Ensino de Geografia", foi possível constatar a importância de proporcionar espaços de reflexão sobre as práticas docentes de maneira geral e de situações de aprendizagem que valorizam o espaço vivido dos estudantes. Apesar das poucas horas proporcionadas pelos encontros, os professores tiveram um aproveitamento satisfatório, o que indica a viabilidade de se continuar realizando esse tipo de atividade.

O estudo de caso desenvolvido nesta pesquisa mostra que as Geotecnologias contribuem para a contextualização do ensino de Geografia com a realidade local, pois tal tecnologia possibilita ao professor elaborar mapas e outros produtos do seu município para serem usados como recurso didático, tornando assim a aprendizagem significativa e prazerosa para o estudante. Porém, foi possível constatar que é necessário proporcionar ao professor um embasamento teórico-metodológico em Geotecnologias, porque a maioria dos professores não teve formação inicial nessa área.

Os sujeitos desta pesquisa demonstraram nos encontros um desejo de aprender e aplicar novas ferramentas de trabalho, de usar as Geotecnologias no estudo do espaço local para ampliar seu conhecimento e proporcionar aulas mais atrativas e que levem o aluno a fazer uma leitura mais profunda do espaço geográfico no qual está inserido. As oficinas desenvolvidas com os estudantes evidenciaram o interesse e participação deles durante a aula, quando foram destacados os aspectos do seu município, fato que despertou a curiosidade e sentimento de pertencimento ao local de estudo e vivência.

Estudar a organização do espaço local e em diferentes escalas é um fazer docente e discente. O professor direciona o processo

de ensino e de aprendizagem orientando o caminho a ser trilhado na sala de aula, devendo pesquisar e buscar novos conhecimentos para oportunizar ao estudante maior eficácia no ato de pensar e consequentemente aprender. O estudante deve estar no centro do objetivo de trabalho do professor, pois é para a formação de cidadãos envolvidos na vida social, participantes da construção e transformação do espaço, que o conhecimento geográfico se torna indispensável.

Referências

AGUIAR, Ponciana Freire. **Geotecnologias como Metodologias Aplicadas ao Ensino de Geografia: uma tentativa de integração**. Revista de Estudos Geoeducacionais. Ceará, vol. 4, n. 8, p. 54-66, jul./dez., 2013. Disponível em: <http://www.geosaberes.ufc.br/geosaberes/article/view/184>. Acesso em: 7 jan. 2019.

CAVALCANTI, L. de S. (2005). *Geografia*: escola e construção de conhecimentos. Campinas: Papirus.

DUARTE, R. L. ANUNCIAÇÃO, V. S. Pacto Nacional pelo fortalecimento do Ensino Médio: a formação continuada de professores de Geografia da rede estadual de Ensino no município de Aquidauana – MS. **Bol. Goia. Geogr. (Online). Goiânia, v. 37, n. 1, p. 122-139**, jan./abr. 2017. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/bgg/article/view/46247>. Acesso em: 6 fev. 2019.

FERREIRA, E. M. Geotecnologias como recurso didático para professores de Geografia no ensino fundamental da rede estadual

de Mato Grosso do Sul. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campus de Aquidauana, MS, 2017. Disponível em < <https://posgraduacao.ufms.br/portal/trabalho-arquivos/download/4234>. Acesso em: 22 jan. 2019.

FITZ, P. R. *Cartografia b*ásica. (2017ª). São Paulo: Oficina de Textos.

FITZ, P. R. *Geoprocessamento sem complicação* (2017b). São Paulo: Oficina de Textos.

LAROCCA, P. TOZETTO, S. S. A formação de professores como objeto de estudo de dissertações produzidas em um mestrado em educação. **Revista Transmutare**, v. 1, n. 2, p. 162 – 179, Curitiba, jul./dez. 2016. ISSN 2525-6475. Disponível em <https://revistas.utfpr.edu.br/rtr/article/view/3937/3306>. Acesso em: 8 jan. 2019.

PAZ e SILVA. L. A. SILVA, A. S. Formação de professores e as implicações no ensino de Geografia: uma abordagem sob a perspectiva dialética. **Revista Equador**, v. 6, n. 1, p. 40-56. UFPI, 2017. ISSN 2317-3491. Disponível em: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>. Acesso em: 8 jan. 2019.

PEREIRA, V. H. C. DINIZ, M. T. M. Geotecnologias e ensino de Geografia: algumas aplicações práticas. **Caderno de Geografia**, v..26, n. 47, 2016. ISSN 23182962. Disponível em: <https://doi.org/10.5752/p.2318-2962.2016v26n47p656> Acesso em: 22 jan. 2019.

PONTES, E. T. M. CAMPOS, G. S. CARVALHO, A. B. Geotecnologias, cartografia digital e geoprocessamento

aplicados ao ensino de Geografia e disciplinas afins: uma experiência de extensão no semiárido cearense. **GeoFocus: Revista Internacional de Ciência y Tecnologia de la Información Geográfica**, n. 21. p. 145-167, 2018. Disponível em: <http://www.geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/570> Acesso em: 6 fev. 2019.

SOARES, A. S. A formação do professor da Educação Básica entre políticas públicas e pesquisas educacionais: uma experiência no vale do Jequitinhonha em Minas Gerais. **Ensaio: aval. Pol. Públ. Educ.** Rio de Janeiro, v. 22, n. 83 p.443-464, abr./jun. 2014. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/ensaio/v22n83/a08v22n83.pdf>. Acesso em: 7 fev. 2019.

SOUSA, I. B. FREITAS, M. I. C. Tecnologias utilizadas na produção de mapas: novas perspectivas didáticas no Ensino Fundamental II**. Revista Brasileira de Cartografia**, v. 70, n. 5, Edição Especial "XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia", 2018. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/44568>. Acesso em: 22 jan. 2019.

Mapeamento da agricultura familiar: trilhando novos caminhos no município de Serrinha, Bahia

Aldnira Tolentino Nogueira
Joselisa Maria Chaves
Tainã Cadija Almeida de Mamede
Pedro Silvestre Pascoal Junior
Deorgia Tayane Mendes de Souza
Simão Mascarenhas Fernandes

Introdução

A agricultura familiar tem importância fundamental nos diversos aspectos econômicos, sociais e ambientais. A ocupação dos trabalhadores rurais gerando renda e desenvolvimento local, com a produção de alimentos, não só para a subsistência dos agricultores, mas para a manutenção da segurança alimentar do país, são fatores que perfazem desta categoria o sustentáculo nacional (OLIVEIRA, 2014). Além disso, as buscas de novos sistemas produtivos e organizacionais que viabilizem estratégias produtivas sustentáveis coloca a agricultura familiar como meio compatível para a sustentabilidade (FINATTO; SALAMONI, 2008).

De acordo com dados do Censo Agropecuário do IBGE, a agricultura familiar é a base da economia de 90% dos municípios brasileiros com até 20 mil habitantes (IBGE, 2017). Além disso, é responsável pela renda de 40% da população economicamente ativa do país e por mais de 70% dos brasileiros ocupados no campo. Destaca-se que a agricultura familiar do Brasil é a oitava maior produtora de alimentos do mundo, sendo a região Nordeste a que

possui o maior número de estabelecimentos rurais familiares, tendo como motivos a distribuição em produção de policultivos, a disponibilidade de recursos hídricos e a potencialidade dos solos (SEAD, 2018).

Dentre os estados do Nordeste, a Bahia destaca-se pela prioridade à agricultura familiar como protagonista do desenvolvimento rural. Ressalte-se que a estrutura agrária está representada por praticamente 700 mil estabelecimentos, dos quais 89% enquadram-se na categoria de agricultura familiar. Apesar da forte participação no número de estabelecimentos, a agricultura familiar baiana ocupa apenas 38% da área agrícola total do estado. Por outro lado, a agricultura familiar responde por 85% da ocupação de pessoal na atividade rural (UEFS, 2014). Assim, Röder *et al.*, (2013) afirmam que o estado, ciente da importância da agricultura familiar, deve se preocupar em definir políticas públicas que atendam às peculiaridades da unidade familiar, a fim de diversificar as formas de auxílio a essa categoria e fomentar a pluriatividade por meio de linhas de crédito específicas.

É com essa expectativa que a Bahia investe em ações que promovem a geração de renda, emprego, produção de alimentos saudáveis, inclusão de gênero e geracional, garantia da sucessão rural e produção sustentável, que vem fazendo da agricultura familiar uma das principais forças do desenvolvimento do estado (SILVA, 2017).

Na configuração do interior da Bahia, destaca-se a região do Território do Sisal, constituído por 20 municípios, entre os quais o de Serrinha, que, conforme os dados do Censo Agropecuário (IBGE, 2017), representa uma área de estabelecimento agropecuário de 35.005,880 hectares, o que o torna um paradoxo de representatividade do conhecimento do agricultor familiar, com sua experiência de vida, e expressa uma nova conjuntura política, social, econômica e ambiental. Assim, o protagonista rural, social e dinâmico desencadeia um renascimento para o desenvolvimento do território serrinhense, visto que essa categoria social é motiva-

da pela diversidade do sistema de produção, além de valorizar a cultura dos seus ancestrais e preservar o meio ambiente.

A agricultura familiar tem singular importância para o desenvolvimento local, porque possui as vantagens de melhoria de renda, geração de emprego e aumento da produtividade (CAVALHEIRO, 2018). Com efeito, a unidade da agricultura familiar desempenha um potencial produtivo relevante, considerando a área, o número de estabelecimentos e o número de trabalhadores, cuja intenção é inserir os produtores no mercado competitivo e, em consequência, desenvolver socioeconomicamente suas famílias e as regiões onde estão inseridas.

O que justifica este trabalho é a importância de se estudar o fortalecimento agrícola familiar, especificamente, no desenvolvimento local, articulado com o agricultor familiar. Trata-se, então, de buscar contribuir para o protagonismo do agricultor no crescimento do município. O presente estudo relaciona o paradigma que abrange todos os aspectos da agricultura familiar, sejam eles econômicos, sociais, políticos, culturais e ambientais, como o foco que corresponde a um importante pilar para o município de Serrinha, BA. A escolha do município está relacionada à sua representatividade no espaço socioeconômico do Território de Identidade do Sisal, onde se configura como um dos primeiros municípios dessa região geográfica.

Tendo em vista a agricultura familiar como fator de redução do êxodo rural e a evolução socioeconômica do município, procura-se aqui responder às seguintes questões:

— Qual o ator social predominante na unidade familiar como responsável pelas transformações espaciotempora/is que se verificam no município de Serrinha?

— Como o mapeamento da agricultura familiar é importante para o desenvolvimento local?

A hipótese orientadora da análise empreendida é que o desenvolvimento socioeconômico do município de Serrinha, BA, evidencia avanços a partir da agricultura familiar, porque visualiza

o espaço do cenário rural como o centro produtivo, um ambiente de pluriatividade, com a diversificação da produção agrícola. Daí sua importância para o desenvolvimento local. Este ambiente rural se integrou ao contexto da economia, respondendo por um avanço no índice de emprego e crescente melhoria das condições de vida do agricultor familiar.

À luz dessa perspectiva, o presente estudo objetivou mapear a evolução espaciotemporal da agricultura familiar no município de Serrinha, BA.

Agricultura familiar

Intensificou-se, durante o governo Sarney (1985-1990), a luta pela reforma agrária com "abertura política", quando surge o Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST), que luta pelo reconhecimento de territórios por comunidades tradicionais (COSTA NETO, 2016).

Ao longo do tempo, preconizou-se que a categoria social agricultura camponesa desapareceria ou seria recriada com uma ressignificação de agricultura familiar. Para Gaspareto *et al.*, (2016), a "característica de luta pela terra e por reforma agrária é o principal elemento identiitário do camponês que indica continuidade e não fim". De acordo com esta análise, afirmam esses autores:

> O agricultor familiar vai surgir quando ocorre a modernização da agricultura. É o antigo camponês que passa a se adaptar às determinações do capitalismo na agricultura. O que ocorre neste momento é a inversão do processo em que agora este mesmo agricultor antes conhecido como camponês que produzia para seu autossustento e vendia o excedente inverte seu papel e passa a produzir para o mer-

> cado consumindo o excedente (GASPARETO *et al.*, 2016).

A fim de facilitar o entendimento sobre agricultura familiar, considera-se pertinente conhecer antes o conceito de propriedade familiar.

De acordo com a Lei nº 4.504, de 30 de novembro de 1964, inciso II do Art. 4º, capítulo I, propriedade familiar é:

> O imóvel rural que, direta e pessoalmente explorado pelo agricultor e sua família, lhes absorva toda a força de trabalho, garantindo-lhes a subsistência e o progresso social e econômico, com área máxima fixada para cada região e tipo de exploração, e eventualmente trabalho com a ajuda de terceiros (BRASIL, 1964).

Por se tratar de um estabelecimento vinculado ao processo de logradouro no desenvolvimento familiar, o Ministério do Desenvolvimento Agrário – MDA (BRASIL, 2016) define esta categoria social como propulsora de produção, pois garante a gestão da propriedade compartilhada com membros familiares, tendo como seu investimento principal a agropecuária; logo, compreende que o foco para a diversidade produtiva é um símbolo da agricultura familiar.

Ressalte-se que, para alguns autores, o termo agricultura familiar equivale a "agricultura de subsistência, de pequena produção e pobreza" (BEZERRA; SCHLINDWEIN, 2017). Porém, de acordo com Tinoco (2008, p. 1), "da mesma forma que é proprietária dos meios de produção, a família assume o trabalho e a gestão do estabelecimento".

Assim, o conceito de agricultura familiar, adotado em muitas pesquisas sobre o tema, como a de Abramovay (1997, p. 3), baseia-se na mão de obra empregada, na dimensão da propriedade, na direção dos trabalhos e na renda gerada pela ocupação na agricultura.

Eis como Abramovay esclarece o conceito:

> A agricultura familiar é aquela em que a gestão, a propriedade e a maior parte do trabalho vêm de indivíduos que mantêm entre si laços de sangue ou de casamento. Que esta definição não seja unânime e muitas vezes tampouco operacional, e perfeitamente compreensível, já que os diferentes setores sociais e suas representações constroem categorias científicas que servirão a certas finalidades práticas: a definição de agricultura familiar, para fins de atribuição de crédito, pode não ser exatamente a mesma daquela estabelecida com finalidades de quantificação estatística num estudo acadêmico. O importante é que estes três atributos básicos (gestão, propriedade e trabalho familiar) estão presentes em todas elas (ABRAMOVAY, 1997, p. 3).

Em termos jurídicos, principalmente visando a auxiliar a política de crédito, instituída em 24 de julho de 2006, ocorreu a consolidação atual do conceito de agricultura familiar, à luz da Lei nº 11.326, que reza:

> Art. 3°. Para os efeitos desta Lei, considera-se Agricultor Familiar e empreendedor familiar rural aquele que pratica atividades no meio rural, atendendo, simultaneamente, aos seguintes requisitos: I – não detenha, a qualquer título, área maior do que 4 (quatro) módulos fiscais; II – utilize predominantemente mão de obra da própria família nas atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento; III – tenha renda familiar predominantemente originada de atividades econômicas vinculadas ao próprio estabelecimento ou empreendimento; IV – dirija seu estabelecimento ou empreendimento com sua família (BRASIL, 2006).

Destaca-se também o Decreto Federal nº 9.064, de 31 de maio de 2017, que regulamenta a Lei Federal e estabelece a proporção da força de trabalho familiar e da renda para caracterização da agricultura familiar, a saber:

> Art. 3º A UFPA e o empreendimento familiar rural deverão atender aos seguintes requisitos:
> I- Possuir, a qualquer título, área de até quatro módulos fiscais;
> II- Utilizar, no mínimo, metade da força de trabalho familiar no processo produtivo e de geração de renda;
> III- Auferir, no mínimo, metade da renda familiar de atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento; e
> IV- Ser a gestão do estabelecimento ou do empreendimento estritamente familiar. [...] (BRASIL, 2017).

Para Souza (2016), o conceito de agricultura familiar vai além de um protagonista da sociedade para compor um processo de ocupação local:

Muito mais que um segmento econômico e social claramente delimitado, a agricultura familiar é definida como um valor. O apoio que recebe vem das consequências que seu desenvolvimento pode propiciar: melhores condições de vida, desenvolvimento sustentável, luta contra a pobreza. (SOUZA, 2016, p. 16)

Segundo alguns pesquisadores, o processo de transição do atual modelo de agricultura convencional para uma agricultura sustentável compreende uma nova abordagem que integra os princípios agroecológicos através de formas de ação social coletiva e participativa (ALTIERI, 2004; SEVILLA-GUZMÁN, 2001). Assim, a partir da agroecologia torna-se possível o protagonismo dos agricultores familiares superando a marginalização e exclusão, visando ao fortalecimento social e produtivo.

Agricultura familiar: estudo de bibliometria

Com a crescente evolução da produção científica sobre a agricultura familiar, faz-se necessário avaliar a compreensão do tema por meio de ferramentas tecnológicas, como, por exemplo, a bibliometria. Para Bufrem e Prates (2005, p. 11), a "bibliometria procura um perfil dos registros do conhecimento, servindo-se de um método quantificável", a fim de gerar informações que mapeiam o desenvolvimento da produção científica. Araújo (2006, p. 12) observa que "a bibliometria é a técnica quantitativa e estatística de mediação de índices de produção e disseminação do conhecimento científico". Por isso, visando a ampliar o levantamento bibliográfico da pesquisa optou-se por esse instrumento.

Como unidade de análise foi utilizada a Base de Dados Scopus, a qual, de acordo com a Elsevier (2016), constitui a maior fonte de referencial de literatura técnica e científica revisada por pares. Os termos definidos para a pesquisa, considerando-se os seus objetivos, foram "Family Farming and Development", isto é, artigos que destacam a agricultura familiar e o desenvolvimento. Para tanto, fez-se um recorte temporal das edições de 1968 a 2019. Adotou-se, como orientação de busca, a Lei de Zipf, que trata da distribuição e frequência das palavras em um texto (PAGANELLA, 2017), estabelecendo como critérios a existência/ocorrência no título, resumo e/ou palavras-chave.

A consulta inicial baseou-se nos critérios previamente estabelecidos para a busca sistemática dos documentos a serem analisados e resultou em 397 documentos contendo a expressão exata "Family Farming and Development", considerando registros de todo o período da base de conhecimento até a data de realização da extração.

Ao apresentar-se a distribuição temporal dos artigos publicados por ano sobre agricultura familiar, verifica-se que ela ainda é relativamente discreta até 2005; em 2009 há um aumento de estu-

dos, com dez artigos publicados (Gráfico 1). Para Santos (2009), as publicações surgiram a partir do interesse de compreender o conceito de agricultura familiar, por ser um tema responsável pelo processo dinâmico do desenvolvimento local, já que este ator tem maximizada sua participação na posição social, econômica e ambiental. Percebe-se que o agricultor familiar não valoriza um ambiente apenas pelo seu espaço geográfico e natural, porque também desenvolve um projeto ativo, onde ocorrem os processos sociais representativos.

Podem ser observados, a partir do Gráfico 2, os principais periódicos de divulgação sobre a temática analisada, sendo que os 397 artigos publicados representam 144 periódicos, cinco dos quais dispõem de maiores índices de publicações. Destaca-se o periódico *Journal of Rural Studies*, correspondendo à primeira publicação sobre agricultura familiar e seu desenvolvimento. Já a *Revista de Economia e Sociologia Rural* possui o maior índice, com 17 publicações.

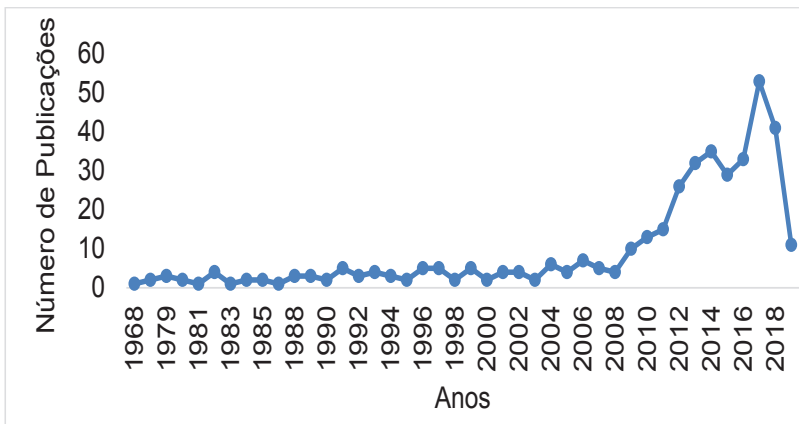



Gráfico 1 – Distribuição temporal das publicações sobre agricultura familiar de 1996 -2019
Fonte: Scopus, 2019
Elaborado por Nogueira (2019)

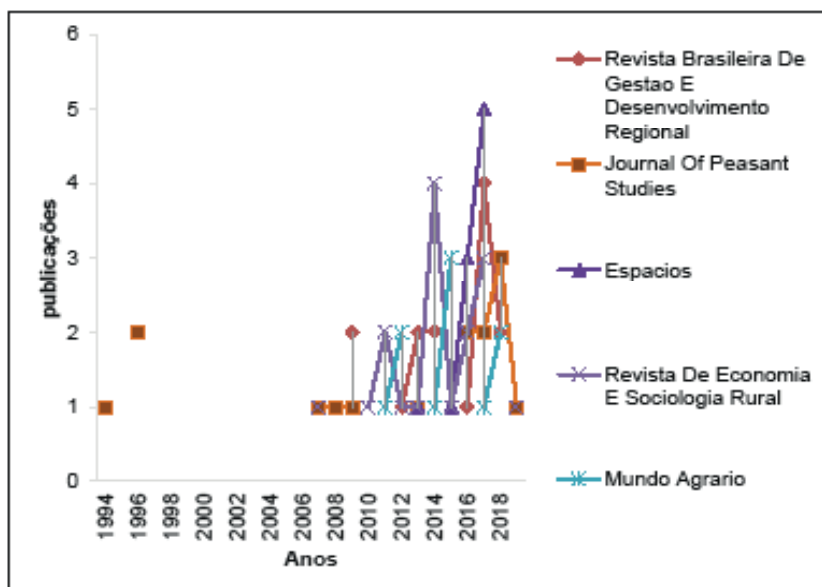



Gráfico 2 – Principais periódicos com temática Agricultura Familiar e Desenvolvimento
Fonte: Scopus, 2019
Elaborado por Nogueira (2019)

Vários trabalhos no âmbito acadêmico têm destacado a preocupação com o desenvolvimento da agricultura familiar, entre os quais os estudos realizados por Schneider; Cialdella; Guanziroli; Jaime; Kasimis; Le Gal; Papadopoulos (Gráfico 3).

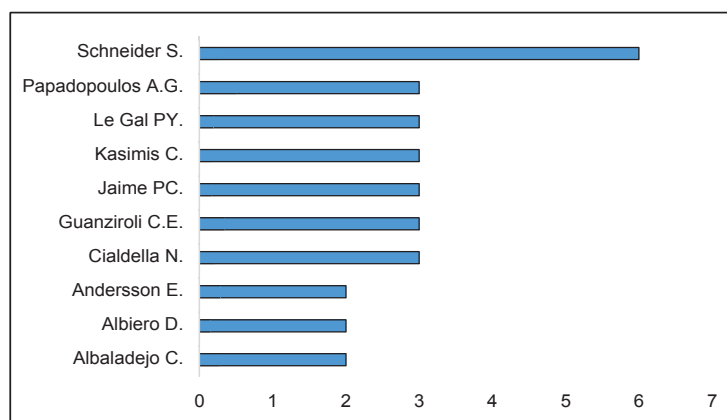



Gráfico 3 – Autores predominantes nas publicações sobre Agricultura Familiar
Fonte: Scopus, 2019
Elaborado por Nogueira (2019)

Quanto ao País de Origem dos Autores (Gráfico 4), visualizam-se 10 (dez), sendo que o Brasil apresenta o maior número, com a indicação de 152 pesquisadores.

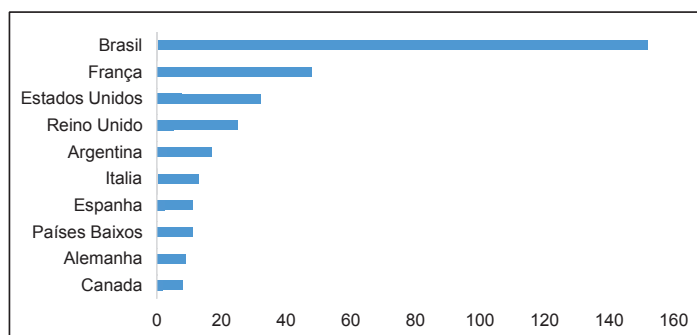



Gráfico 4 – País de Origem dos Principais Autores sobre Agricultura Familiar
Fonte: Scopus, 2019
Elaborado por Nogueira (2019)

Dos 397 registros analisados, o tipo de publicação é dividido em: 338 artigos, 32 revistas, 12 documentos de conferência, oito capítulos de livro (Gráfico 5).

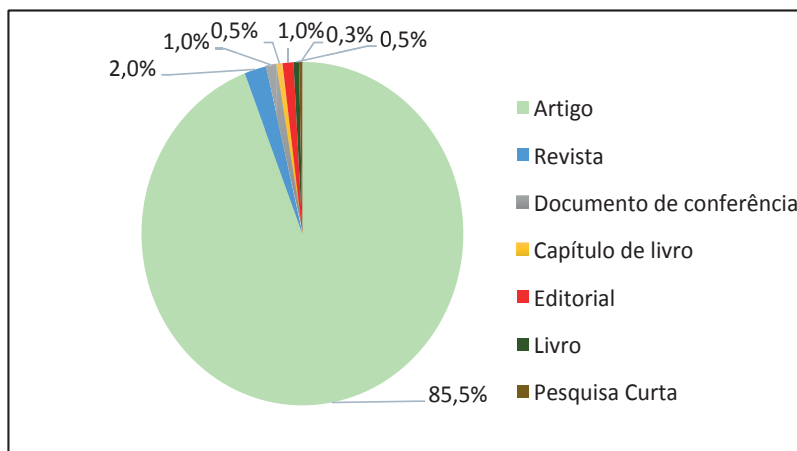



Gráfico 5 – Tipo de Veículo de Publicação sobre Agricultura Familiar
Fonte: Scopus, 2019
Elaborado por Nogueira (2019)

Com relação à área de conhecimento, na qual as publicações se enquadram, em sua maioria 32,6% delas estão inseridas na área de Ciências Sociais (Gráfico 6). Para Paganella (2017), estes dados representam a abrangência de tal área, bem como a particularidade do tema investigado, por causa de sua aderência a distintas outras temáticas que integram o escopo das investigações sociais. Na sequência, as três áreas mais abordadas foram: Ciências Agrárias e Biológicas, Ciência Ambiental, Economia, Econometria e Finanças.

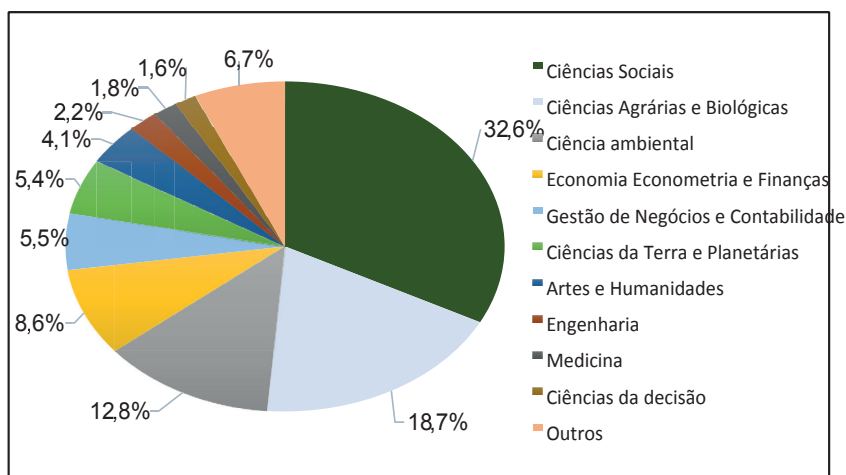



Gráfico 6 – Principais áreas de conhecimento dos autores com publicações em Agricultura Familiar no período 1994-2019
Fonte: Scopus, 2019
Elaborado por Nogueira (2019)

Os Patrocinadores de Financiamento foram o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), com oito publicações, seguido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), com cinco publicações (Gráfico 7).

Constatam-se na pesquisa as redes de co-ocorrências de palavras-chave (Figura 1). Para Lima *et al.*, (2018), o tamanho do nó indica a frequência de ocorrência de uma palavra-chave, e a relação entre os nós é tão mais forte quanto maior a proximidade entre eles. Para facilitar a visualização, a formação da rede foi restrita às palavras-chave com quatro ou mais ocorrências, o que resultou em cinquenta nós, organizados em seis *clusters*. Cada *cluster* contém cinco ou mais nós; nota-se que aqueles com maior frequência de ocorrência são Agricultura, Desenvolvimento, Extensão Rural, Agroecologia, Educação, Sustentabilidade, Sistema de Cultivo, entre outros. A linha de pesquisa que tais palavras sugerem é voltada para o desenvolvimento da agricultura familiar.

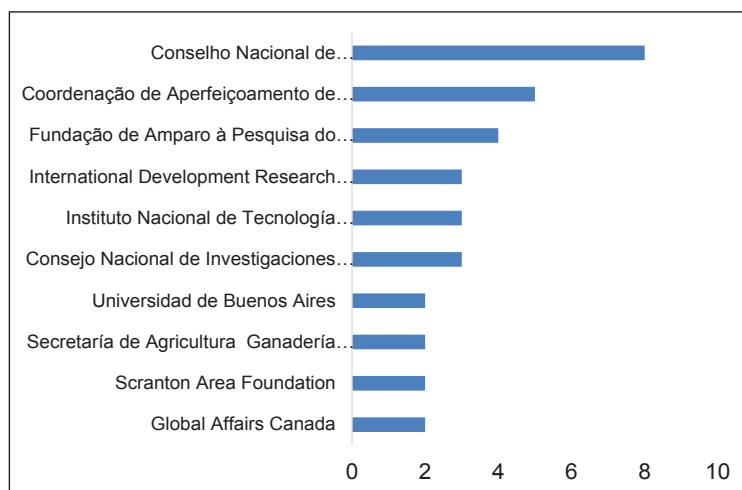



Gráfico 7 – Patrocinadores de Financiamento das Publicações sobre Agricultura Familiar
Fonte: Scopus, 2019
Elaborado por Nogueira (2019)

Após análise dos estudos bibliométricos, observa-se que estes possibilitam analisar o desenvolvimento de um campo da ciência, sendo possível identificar características nos estudos de uma determinada temática. Com relação ao estudo da bibliometria na agricultura familiar, os dados mostram que o contexto das pesquisas está em expansão há algum tempo, visto que muitos autores já vêm estudando esta categoria social e suas vicissitudes no desenvolvimento local.

Empoderamento socioeconômico do agricultor familiar no desenvolvimento local

O termo desenvolvimento "descreve um processo pelo qual são liberadas as potencialidades de um objeto ou de um organismo, para que este alcance sua forma natural, completa e amadurecida" (ESTEVA, 2000, p. 62).

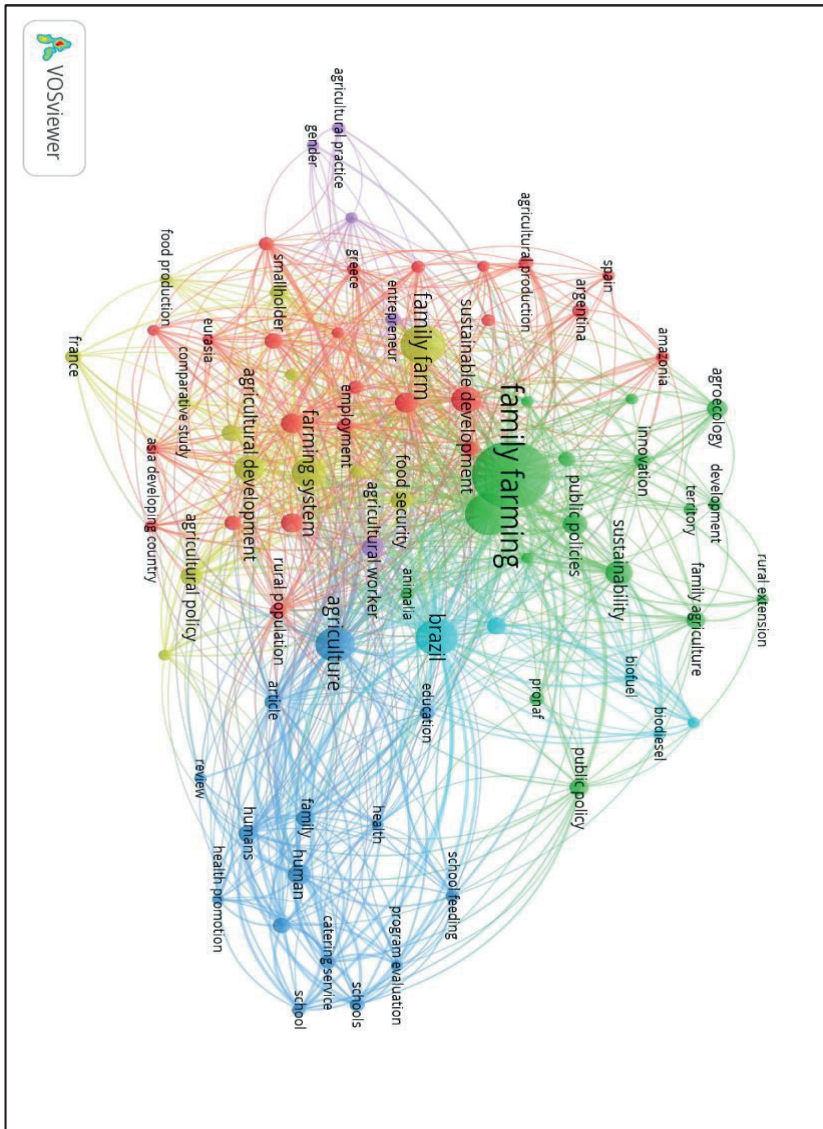



Figura 1 – Redes de coocorrência de palavras-chave das publicações sobre Agricultura Familiar
Fonte: Scopus, 2019
Elaborado por Nogueira (2019)

O desenvolvimento local tende a avançar a partir do empoderamento de seus atores sociais. Neste ambiente apresenta-se o agricultor familiar. Esse perfil social do setor agrícola possibilita um crescimento significativo, visto que o protagonista rural tem considerável viabilidade econômica para melhorar sua condição de vida e a da comunidade municipal (DELGADO, 2003, p. 230).

Neste sentido, a organização da agricultura familiar, na contribuição para formação de associações ou cooperativas, contribui como forma de empoderamento para a valorização das potencialidades da comunidade e tem sido favorável ao desenvolvimento local, uma vez que denota uma prática transformadora, na qual o protagonista passa a ser o sujeito de suas próprias ações (ANJOS *et al.*, 2018).

Segundo esta compreensão, é possível observar que o município não pode ser visto apenas com um espaço para o setor terciário, que contempla um setor especializado em atividade industrial, pois é necessário incorporar um novo olhar para o desenvolvimento local, já que no campo, como assim é denominado o ambiente do agricultor familiar, conforme propõe Santos (2000, p. 88), "[...] se instala uma agricultura propriamente científica, responsável por mudanças profundas quanto à produção agrícola e quanto à vida de relações".

As transformações ocorridas entre o agricultor familiar e o espaço biofísico, no qual ele está inserido, são oriundas da conexão do homem com o meio. Este novo perfil do agricultor familiar, de acordo com Ploeg (2014, p. 11), tem estreita relação com a prosperidade do município em termos históricos, econômicos e sociais.

Segundo Reis (2018), a participação da agricultura familiar é responsável pelo desenvolvimento onde se insere. Por isso, constitui-se como uma atividade que chama a atenção para os consumidores que usufruem de produtos dela oriundos. A partir do momento

em que o agricultor familiar expõe seus produtos em feiras livres, ele conquista a sua representatividade na comercialização local, o que passa a garantir um novo empreendimento. Assim, ele ganha espaço na produção de alimentos e, de forma segura, na nutrição alimentar da comunidade local.

Igualdade de gênero na agricultura familiar

O paradigma da agricultura familiar em sua herança tem como representante social o gênero masculino, já que este foi visto, durante muito tempo, como símbolo de liderança, força e autonomia, o que prevaleceu ao longo do sistema patriarcal.

Entretanto, com a criação das políticas públicas, o espaço rural deu lugar à diversificação, e houve uma conquista significativa com o reconhecimento da mulher como protagonista rural. Atriz familiar, ela adquire espaço no ambiente do campo e, apesar da discriminação ainda existente, é relevante seu papel no desenvolvimento da agricultura familiar.

Especialmente no Brasil, as mulheres conquistaram maior espaço e passaram a ser vistas com mais respeito a partir de 1988, quando foi promulgada a nova Constituição Federal (PIRES, 2020).

Como observam Favare *et al*., (2019), a mulher adquiriu espaços significativos em todos os sentidos, ao superar o modelo a ela imposto, durante muito tempo, de fragilidade feminina. A mulher, como atriz social, força na agricultura familiar e no tocante ao desenvolvimento rural, pois muito contribui para o preparo da terra, o plantio e a colheita.

Ao conhecer a história e a força da mulher no ambiente rural, é notável sua influência no que se considera a transfiguração da agricultura convencional em agricultura ecológica. Destaca-se, como exemplo, a região do Semiárido, onde são considerados

aspectos relativos ao aumento da produção. A esse respeito, pode-se mencionar o Programa Um Milhão de Cisternas Rurais, sobre o qual Cruz *et al.*, (2015) assinalam:

> Esse programa tem possibilitado às mulheres do Semiárido um novo jeito de ver e viver o campo com possibilidades e pautado na agroecologia de produção através do cultivo de pequenas áreas; no entanto, bem diverso de cultivares — os quintais produtivos que são construídos em volta de uma cisterna ou de qualquer outra tecnologia social de armazenamento de água de chuva permitindo que as famílias desenvolvam uma agricultura rica e agroecológica. (CRUZ *et al.*, 2015)

Com ferramentas propícias ao impacto da evolução agrícola, surgiu do empoderamento das mulheres, que ganham força e autonomia para realizar as atividades que até então era função apenas dos homens. Ao mostrar-se capaz de produzir, a mulher contribui significativamente para o crescimento de qualquer atividade econômica, e de modo mais notável no âmbito da agricultura familiar.

Material e métodos

Área de estudo

A área de estudo é o município de Serrinha, BA, que pertence ao Território do Sisal, situado a 359 metros de altitude, com coordenadas geográficas centrais de Latitude 11° 37' 28" Sul e Longitude 38° 58' 26" Oeste (Figura 2). Dados do IBGE (2018) estimam um contingente populacional de 80.411 habitantes.

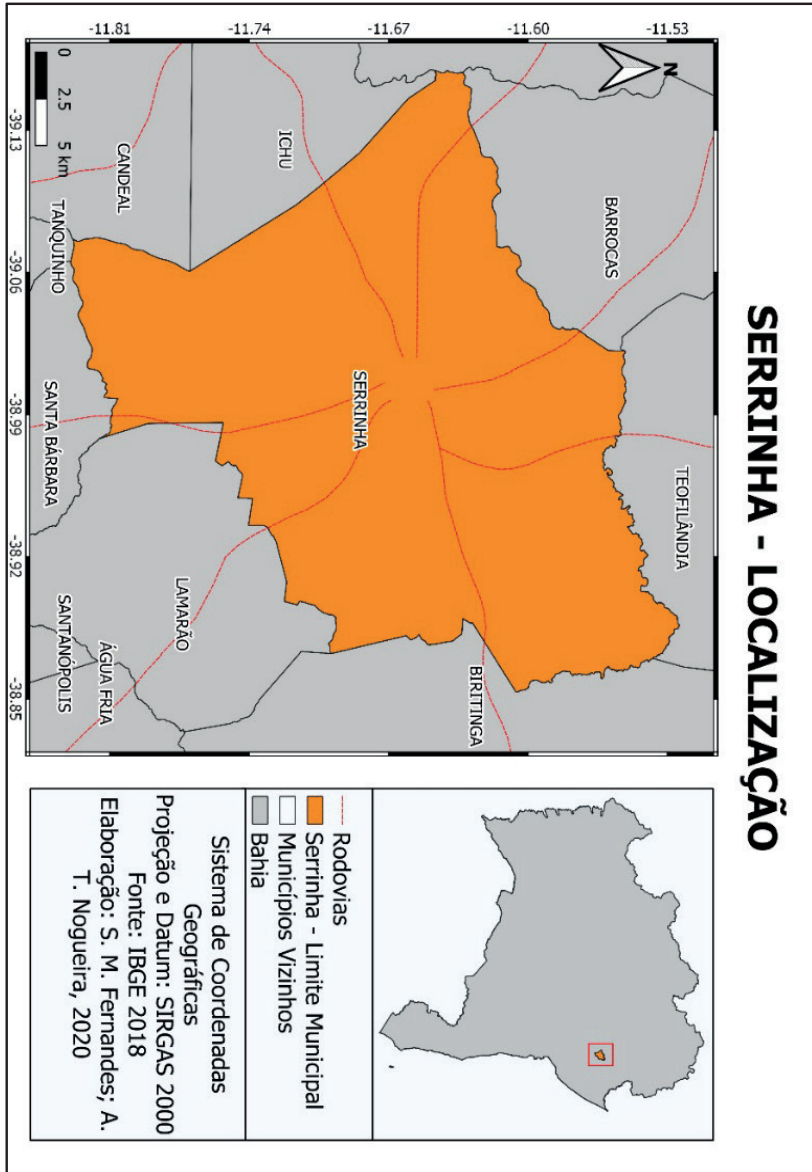



Figura 2 – Localização da Área de Estudo, o Município de Serrinha
Fonte: IBGE (2018)
Elaborado por Nogueira (2020) e Fernandes (2020)

Serrinha, que se destaca no cenário do Território do Sisal como um dos maiores municípios, nasceu a partir de rotas de boiadeiros no início do século XVII, que ligavam Salvador (até então capital do Brasil Colônia) ao alto Sertão do São Francisco. O município é passagem de rodovias federais e estaduais, dentre elas a BR-116 Norte, que a liga a Feira de Santana no sentido sul e ao norte com os municípios de Teofilândia e Araci. A rodovia estadual BA-084 permite o acesso ao litoral, principalmente para quem deseja deslocar-se à capital sergipana, Aracaju, e a BA-411 (Serrinha-Conceição do Coité) viabiliza a ligação da região de Serrinha com a parte oeste do estado. Assim, Serrinha constitui-se como o segundo maior entroncamento rodoviário baiano.

O estudo do aspecto climático é de fundamental importância, por ser a agropecuária uma atividade altamente dependente do regime de chuvas. Na medida em que esse regime não é favorável, a agricultura familiar torna-se vulnerável, especialmente no que se refere à produção de alimentos. Em boa parte do município, a população rural depende de forma direta da água da chuva, pois muitos lugares sofrem com a ausência do abastecimento de água.

Carvalho (2017) assinala:

> A tipologia climática do município de Serrinha, segundo Thornthwaite e Matther, corresponde basicamente a dois tipos: C1dA' — que corresponde a uma variação do clima subúmido a seco, o qual apresenta como característica um pequeno ou nenhum excedente hídrico, caracterizando-se como um tipo climático megatérmico e uma Evapotranspiração Potencial superior a 1140 mm, representando esta a quantidade necessária de água para os cultivos. A pluviosidade nesta tipologia climática ocorre no período do outono/inverno, entretanto, ocorre também durante a primavera/verão (CARVALHO, 2017, p. 37).

A característica pedológica do município de Serrinha é marcada por uma expressiva variação no que diz respeito aos tipos de solos, visto que o município apresenta Latossolos, Planossolos, Vertissolos, Neossolo, Litólicos e Argissolos (CARVALHO, 2017). Tais solos mostram possuir grande tendência para o desenvolvimento agrícola, com poucas diferenciações entre os horizontes; além disso, são normalmente profundos e bem drenados. O mesmo autor refere que o relevo apresenta cinco padrões: Tabuleiros, Superfícies Aplainadas Degradadas, Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos, Inselbergs e Domínio de Morros e de Serras Baixas. Os Tabuleiros são predominantes na região sudeste do município, sendo que estes correspondem a formas de relevo que se apresentam suavemente dissecadas, apresentando superfícies extensas e com gradientes suaves; os topos são planos e alongados e as vertentes existentes caracterizam-se como retilíneas nas áreas de vales.

Material

Na construção da pesquisa correlacional, fez-se a coleta dos seguintes dados:

1- Censo Agropecuário do IBGE 2000 a 2017, relacionado à estatística dos estabelecimentos com agricultura familiar;

2- Entrevista semiestruturada com agricultores familiares sindicalizados à respectiva categoria profissional, para efeito de caracterização do perfil;

3- Base de dados INPE-Topodata: Geoespacialização da Agricultura Familiar no Município de Serrinha;

4- Base de dados do MapBiomas: Representação de Mapa temático – Uso e cobertura da terra.

Métodos

A pesquisa realizou-se no ano de 2019. Trata-se de pesquisa correlacional, isto é, procura explorar relações que possam existir entre variáveis. Baseou-se inicialmente em pesquisa bibliográfica visando aos objetivos definidos, com buscas em base de dados do Google Acadêmico, Scielo e Scopus e as palavras-chave Agricultura Familiar, Território e Expansão. Procedeu-se à seleção de artigos publicados entre 1990 e 2018, tendo sido priorizados os que se referiam a pesquisas realizadas no Brasil, ainda que publicados em língua inglesa. Foram examinados 68 periódicos, 66 dos quais citados diretamente, além de sites com assuntos relevantes para a pesquisa.

Inicialmente, a fim de caracterizar o perfil dos agricultores familiares, foram realizadas visitas com técnico agropecuário do Sindicato dos Agricultores Familiares para construção das entrevistas semiestruturadas; consulta à Base de Dados na Secretária da Agricultura Municipal e a sites diversos, entre os quais o do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia Estatística); foram elaborados mapas temáticos com a contribuição da coleção do MapBiomas para a busca de imagens de satélites e dados estatísticos sobre o crescimento da agricultura familiar; além de estudos no INPETopodata, procedeu-se à geoespacialização municipal com índices de declividade.

Com os dados catalogados foram obtidos os seguintes produtos:

— **Representação gráfica**: Dados estatísticos do Censo Agropecuário do IBGE 1996, 2006 e 2017, relacionados à agricultura familiar: número de estabelecimento; quantitativo da população com de laços de parentesco;

— **Construção de tabelas**: Site das entidades: Secretaria da

Agricultura – SEAGRI; Movimento de Organização Comunitária – MOC; Associação de Desenvolvimento Sustentável e Solidário da Região Sisaleira – APAEB;

— Entrevista semiestruturada e questionário: Antes de iniciar as entrevistas, houve o cuidado de se explicitar pela pesquisadora o Termo de Consentimento Livre, o qual foi esclarecido a cada proprietário que o assinou. A população do município é de 80.411 habitantes, 10.360 dos quais são participantes da agricultura familiar, atividade em que se fez uma seleção aleatória simples, com uma amostra de 100 sujeitos, que são inscritos no Sindicato dos Agricultores Familiares – SINTRAF. Este quantitativo corresponde ao número de visitas realizadas pelo técnico agropecuário do SINTRAF, as quais proporcionam noções para responder à questão norteadora do estudo. Cumpre esclarecer que esse procedimento permite verificar a representatividade do sexo masculino ou feminino no contexto da agricultura familiar investigada no município.

— Geoespacialização da agricultura familiar: Para a elaboração do mapa de espacialização da agricultura familiar, foram utilizados os dados SRTM/INPE-Topodata. Através do Modelo Digital de Elevação (MDE) gerou-se o mapa de declividade com classes estabelecidas nos critérios da EMBRAPA. Posteriormente, foram coletados os pontos das propriedades de agricultura familiar e plotados no mapa de declividade. As coordenadas geográficas para plotagem de alguns pontos para representatividade da unidade familiar foram obtidas de dados cadastros pelos agricultores familiares através do Cadastro Ambiental Rural – CAR/CEFI. O pós-processamento foi realizado no software QGIS, versão 2.14

— Mapeamento de uso e cobertura da terra: Utilizou-se a classificação disponível na coleção 4.1 do MAPBIOMAS; em primeiro nível de legenda, o pós-processamento foi realizado no

software QGIS, versão 2.14. O Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil (MAPBIOMAS) surgiu em 2015, resultante de encontros de especialistas em Sensoriamento Remoto e mapeamento da vegetação, os quais se reuniram em São Paulo para avaliar a possibilidade de se produzir mapas atualizados com essa especificidade, utilizando técnicas mais rápidas e baratas (MOREIRA, 2016). Uma parceria entre o projeto MAPBIOMAS e o Google resultou em uma base de dados, então codificada como plataforma Google Earth Engine. Dentro da lógica proposta pelo MAPBIOMAS, os mapas serão atualizados cada vez que houver um aperfeiçoamento nos algoritmos de classificação. A metodologia de classificação é dinâmica e processual, com a finalidade de aperfeiçoar cada tipologia adotada (MAPBIOMAS, 2019).

O mapeamento da agricultura familiar é uma forma de caracterizar os indicadores espaciotemporais do desenvolvimento local. No que concerne ao mapeamento do município de Serrinha, como observam Gomes *et al.,* (2017), faz-se necessário utilizar ferramentas e técnicas que tornem possível a caracterização e análise da área de forma rápida e integrada. Assim, o MAPBIOMAS constitui-se em um banco de dados tecnológico de suma importância para a análise do desenvolvimento local com ênfase na agricultura familiar.

Resultados e discussão

Caracterização do perfil da agricultura familiar

O Território do Sisal, localizado no Semiárido da Bahia e que abrange vinte municípios, é integrado por agricultores familiares,

os quais, como categoria social, residem em pequenas propriedades rurais e precisam desenvolver estratégias direcionadas à subsistência e comercialização dos produtos agrícolas e pecuários.

Conforme o Censo do IBGE (2017), dos 80.411 habitantes do município de Serrinha, BA, a população rural corresponde a 30.979 pessoas, sendo a representação da área dos estabelecimentos agropecuários equivalente a 35.005,880 hectares. O número de estabelecimentos agropecuários corresponde a 6.323, em que se verifica divisão entre o espaço da agricultura familiar e o da agricultura não familiar (Tabela 1). Os dados quantitativos mostram que o índice da agricultura familiar é superior ao da agricultura não familiar nos âmbitos nacional, estadual e municipal.

Tabela 1 – Área dos estabelecimentos agropecuários da Agricultura Familiar e Não Familiar

Estabelecimentos	BRASIL	BAHIA	SERRINHA-BA
Agricultura Familiar	5.028.392	759.406	5.839
Agricultura Não Familiar	1.104.321	156.437	484

Fonte: IBGE (2017)
Elaborada por Nogueira (2019)

Para Rauber (2012), os fatores que distinguem diretamente os estabelecimentos agropecuários são: concentração de empregados de fora da unidade familiar, o volume da produção pecuária-agrícola e a dimensão da propriedade.

Dados quantitativos expressam o número de estabelecimentos e dados populacionais do município de Serrinha (Gráficos 8 e 9).

Entre os anos de 1996 e 2006 houve uma redução na quantidade de estabelecimentos de agricultura familiar, donde

um decréscimo populacional desta categoria social, o que pode estar relacionando aos períodos de seca ocorridos no município durante esse decênio, com déficit na geração de renda e produção de alimentos; daí a verificação de êxodo rural. Porém, depois de 2006 ocorreu crescente expansão demográfica na área da agricultura familiar.

Para Walsum (2014), esse aumento populacional tem estreita relação com o Ano Internacional da Agricultura Familiar, que surgiu em 2008, quando essa atividade voltou a ser considerada por sua importância econômica e social. Em consequência, sua visibilidade e reconhecimento tornaram-se notórios, com o fortalecimento do tripé terra-família-trabalho.

De acordo com Pereira (2010), o que leva à divergência do número de estabelecimentos de Agricultura Familiar-Não Familiar e de pessoas ocupadas no espaço rural da unidade familiar é o acesso ao financiamento. Pode-se então considerar que, nos últimos anos, houve iniciativa pública voltada a atender os agricultores familiares, a exemplo do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar – PRONAF, de âmbito nacional, o Microcrédito, como créditos do Banco do Nordeste, de âmbito estadual, e Feira Agroecológica, como projetos municipais. Essas foram iniciativas que popularizaram o crédito para os pequenos estabelecimentos de unidade familiar, como se pode perceber no município de Serrinha (Tabela 2).

A agricultura familiar, nos termos da Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006, é caracterizada por estabelecimento com quatro módulos fiscais, onde o tamanho de cada módulo varia em cada município. O enquadramento do município de Serrinha tem um módulo fiscal correspondente a 50 hectares (INCRA, 1980). Logo, um estabelecimento da agricultura familiar pode representar sua área em até 200 hectares, considerando esta uma pequena propriedade.

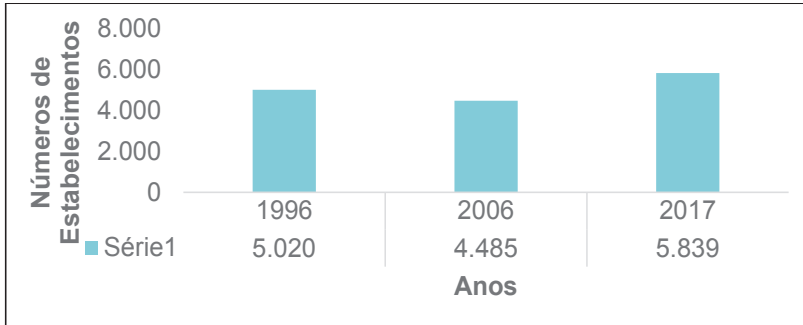



Gráfico 8 – Quantificação da área do estabelecimento da Agricultura Familiar – Município: Serrinha, BA
Ano: 2019
Fonte: IBGE (2017)
Elaborado por Nogueira (2019)

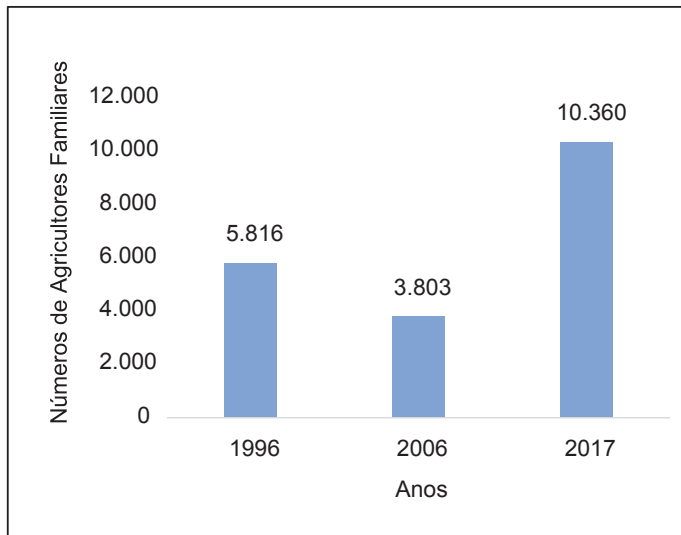



Gráfico 9 – Número populacional da Agricultura Familiar – Município: Serrinha, BA
Ano: 2019
Fonte: IBGE (2017)
Elaborado por Nogueira (2019)

Tabela 2 – Características de Projetos e Programas de Agricultura Familiar Municipal e Nacionais

Projetos Municipais	
Descrição de Projetos	**Nº de Participação de Agricultores Familiares**
Melhoramento Genético Animal	20
Aração de Terra	100
Casa de Farinha	50
Feira Agroecológica	6
Programas Nacionais	
Descrição de Programas	**Nº de Participação de Agricultores Familiares**
Programa Nacional de Alimentação Escolar- PNAE	100
Garantia Safra	297
Declaração de Aptidão ao Pronaf (DAP)	2128
Programa Vida Melhor no Campo	115

Fonte: Dados de campo
Elaborada por Nogueira (2019)

A pesquisa de campo realizada com os trabalhadores inscritos no Sindicato dos Agricultores Familiares de Serrinha – SINTRAF está de acordo com o enquadramento do município e com a referida lei para estabelecimento familiar. Dos agricultores familiares entrevistados, 50% têm o seu estabelecimento com uma área menor do que 10 ha, e 30% dos deles correspondem a uma dimensão distribuída entre 10 e 50 ha (Gráfico 10). Para Souza *et al.,* (2011), o fator limitador da da agricultura familiar reside na pequena área destinada à produção agropecuária.

A ocupação e utilização do território rural ocorrem de forma bastante divergente no comparativo entre a agricultura familiar e a agricultura empresarial, sendo o tamanho da propriedade um dos maiores percalços para o desenvolvimento das atividades dos agricultores familiares. Uma forma de amenizar as desvantagens relacionadas ao tamanho das terras refere-se ao uso e ocupação do solo a partir da agricultura de base agroecológica, a qual possibilita a existência e manutenção da biodiversidade (GLIESSMAN,

2000), a partir de sistemas consorciados e/ou agroflorestais. A Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica – PNAPO, em vigor desde 2012, a partir do Decreto Presidencial n° 7.794, contribui não apenas para o desenvolvimento sustentável vinculado à produção orgânica e de base agroecológica, bem como fortalece o desenvolvimento de tecnologias mais adequadas à realidade de pequenas produções.

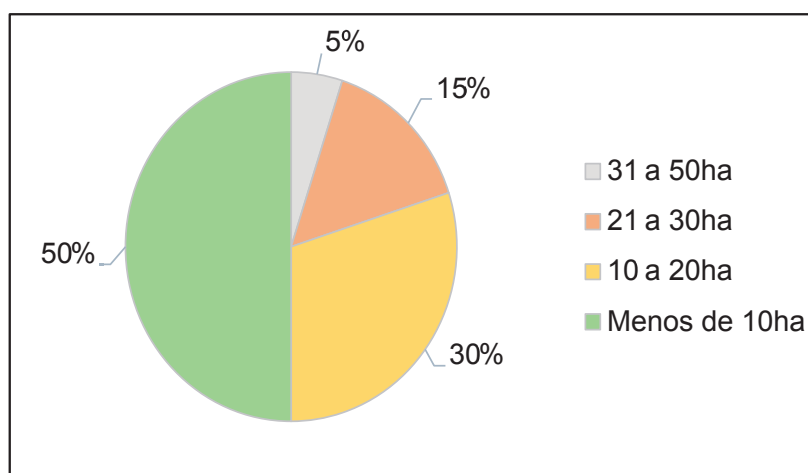



Gráfico 10 – Dimensão do Estabelecimento de Agricultura Familiar Município: Serrinha, BA
Ano: 2019
Fonte: Dados de campo
Elaborada por Nogueira (2019)

A análise das entrevistas realizadas demostrou que 60% dos responsáveis pela propriedade e pela produção da agricultura familiar no município de Serrinha são do sexo feminino. Este indicador evidencia a importância do trabalho da mulher no meio rural. Muitas das entrevistadas são viúvas e mães solteiras que escolheram o campo para construir suas vidas. Além dessa presença significativa, elas, em número expressivo, que se apresentam

como um novo componente da valorização da mulher no campo, são representantes de delegacias de Associações do Sindicato da Agricultura Familiar e presidem cooperativas da agricultura familiar. Para Santos *et al.,* (2018), as mulheres investiram em sua realização pessoal e profissional. Conforme visto na pesquisa de campo, o sexo feminino vem atuando nas unidades produtivas familiares, com interesse em diversificar as fontes de renda familiar, pois buscam atividades em que há autonomia para a valorização dos produtos agrícolas.

A organização e participação das mulheres rurais em atividades econômicas tem aumentado, já que elas atuam não apenas nos sindicatos e nos movimentos sociais, mas também nos grupos de produção, em que desenvolvem ações alternativas nas propriedades, com a adoção, inclusive, de práticas agroecológicas; na criação de centros de formação; na prestação de assessoria técnica e organizativa; na formação de espaços de comercialização como feiras, cooperativas, associações (SILIPRANDI, 2009).

Nota-se que os agricultores familiares compreendem a importância de sua categoria social para o município de Serrinha. Quando lhes foi perguntado sobre a contribuição de seu protagonismo familiar em relação ao desenvolvimento local, 40% enfatizam que o sustento da família constitui o aspecto principal; 35% informam que esta é forma de geração de renda; 25% afirmam que é uma forma de garantia de trabalho (Gráfico 11).]

No item referente à geração de renda, inclui-se a parte da produção destinada à comercialização em feiras livres, o que contempla a venda, entre outras, para merenda escolar. Apesar de fatores limitantes como o solo, a falta de crédito, tamanho da propriedade e a seca, os agricultores familiares empenham-se em ser produtivos, produtividade, o que é de fundamental importância para o desenvolvimento socioeconômico do município (ALBUQUERQUE, 2018).

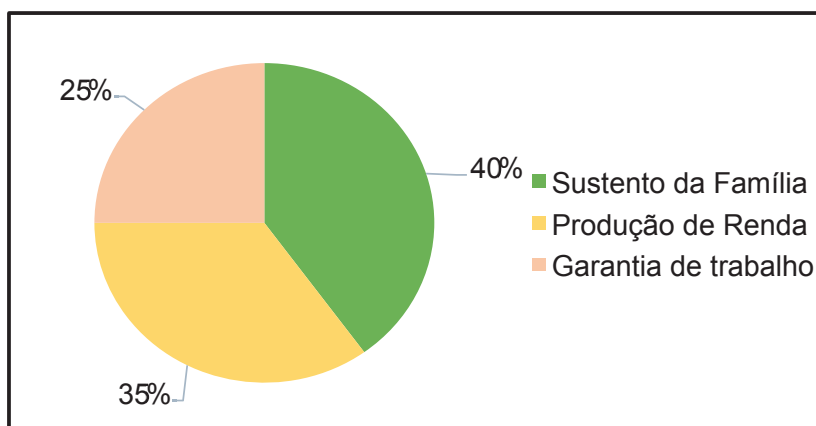



Gráfico 11 – Agricultura Familiar e contribuição social e econômica Município: Serrinha, BA
Ano: 2019
Fonte: Dados de campo
Elaborada por Nogueira (2019)

Segundo Bezerra *et al.*, (2017), a agricultura familiar não pode ser denominada apenas como de subsistência, pois é percebível que esta categoria entende o seu potencial de inserção produtiva e de mercado. Trata-se de um segmento que se articula com o desenvolvimento local.

Em relação às técnicas utilizadas para o preparo do solo (Gráfico 12), 75% dos entrevistados recorrem ainda ao que é tradicional, já que muitos utilizam a tração animal para fazer a aração do solo e posteriormente realizar o plantio. Devido à existência de projetos de aração de terra realizados no município, 14% informam que são contemplados com a mecanização agrícola em suas propriedades; 11% praticam queimadas para a limpeza do solo, as chamadas "coivaras". Para Souza (2013), esta categoria social ainda valoriza a adoção de técnicas rudimentares, como a utilização de tração animal, o que é compreensível, pois alguns produtores familiares possuem conhecimentos empíricos e dispõem de poucos recursos para o desenvolvimento de sua propriedade.

Ressalte-se que algumas técnicas de aração do solo podem provocar em grande parte a sua compactação, tornando-o impróprio para o plantio e consequentemente para o crescimento das raízes. Já as queimadas são um fator de degradação e salinização do solo.

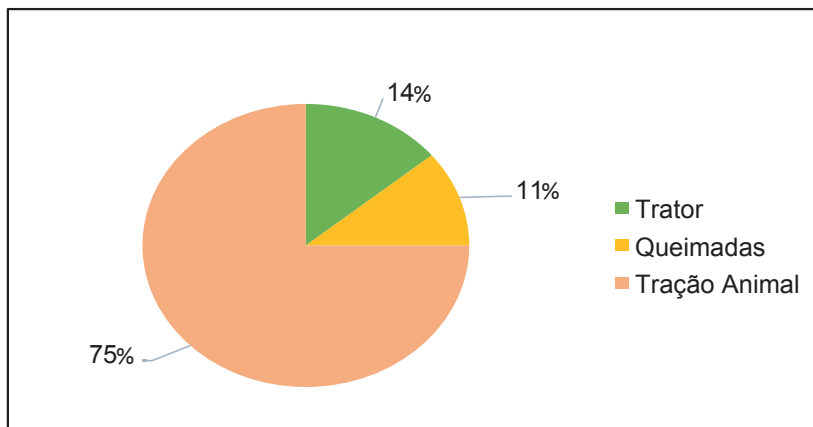



Gráfico 12 – Técnicas utilizadas para o preparo do solo Município: Serrinha, BA
Ano: 2019
Fonte: Dados de campo
Elaborada por Nogueira (2019)

Em termos agrícolas, chama a atenção o grande número de agricultores familiares que produzem culturas anuais: milho, feijão, mandioca e aipim, além de cultura perene, as fruticulturas (Gráfico 13 e Foto 1). Cumpre ressaltar que a produção por policultivo traz mais sustentabilidade ao agricultor familiar, pois, além da subsistência com uma nutrição diversificada, há o excedente que pode ser comercializado. A pluriatividade de produtos tende a ser mais rentável. Toda a produção é utilizada com insumos orgânicos, os quais são obtidos diretamente nas

propriedades, tanto por compostagem, ou estercos, quanto por adubação verde.

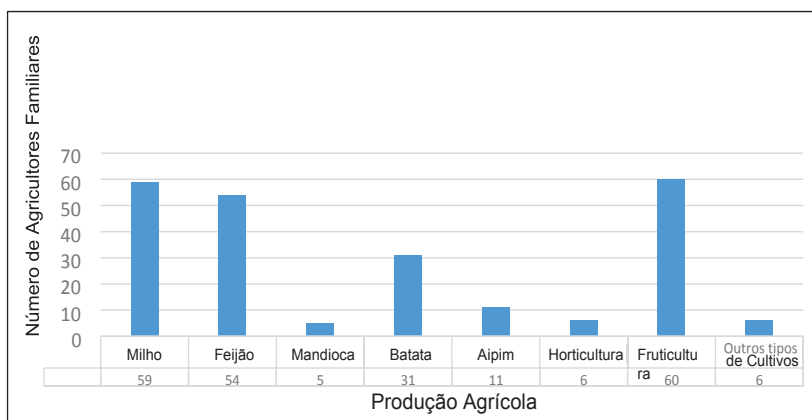



Gráfico 13 – Produção Agrícola Familiar Município: Serrinha, BA
Ano: 2019
Fonte: Dados de campo
Elaborada por Nogueira (2019)

Foto 1 – Produção de Culturas Anuais Município: Serrinha, BA
Ano: 2019
Fonte: Dados de campo
Elaborada por Nogueira (2019)

Destaca-se também a pecuária na unidade familiar. Nas áreas menores observa-se uma tendência para a zootecnia de pequeno porte (Gráfico 14 e Foto 2). Dos entrevistados, 76% criam aves; 28%, ovinos; 19%, suínos. Muitos informam que investem na avicultura pelo fato de ser mais fácil dispor de instalação para aos animais, além de obter dois tipos de produtos, carne e ovos, cuja comercialização pode ser entre produtores-consumidores ou mediante comercialização indireta.

A agricultura familiar, durante longo tempo, foi vista apenas como uma atividade de subsistência (ASSIS *et al.*, 2017). Atualmente ela é bem mais relevante em termos socioeconômicos, na medida em representa que a mesma trilha um novo caminho no município de Serrinha, tanto pela força de vontade dos próprios protagonistas rurais, como também, pela crescente expansão de políticas públicas que preza por disponibilizar uma vida com mais qualificação aos Agricultores Familiares, além de ser possível perceber a valorização da mulher no campo de trabalho.

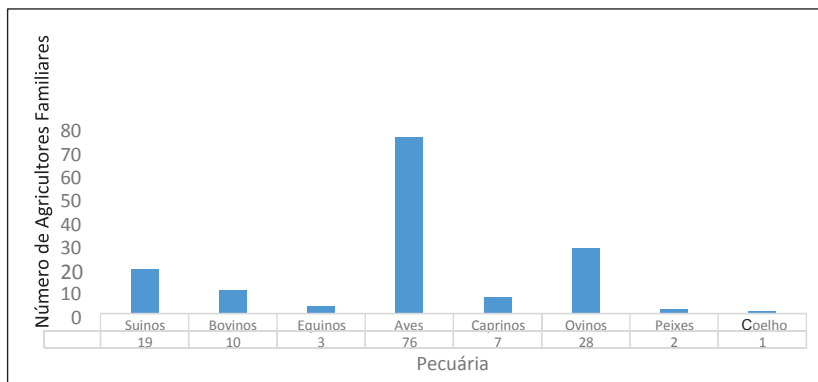



Gráfico 14 – Pecuária na Agricultura Familiar
Município: Serrinha-Bahia
Ano: 2019
Fonte: Dados de campo
Elaborado por Nogueira (2019)

Foto 2 – Agricultura Familiar e criação de aves
Município: Serrinha, BA
Ano: 2019
Fonte: Dados de campo
Elaborado por Nogueira (2019)

Mapas temáticos da agricultura familiar

O município de Serrinha tem grande representatividade rural em comparação com os demais municípios da região do Território do Sisal: são 80 comunidades, que correspondem a 10.360 pessoas, as quais representam estabelecimentos ocupados pela agricultura familiar (IBGE, 2017). No mapa da Figura 3 são plotados 18 pontos de comunidades onde se concentram estabelecimentos com maior número de agricultores familiares.

A fim de conhecer melhor a localização diferenciada dos agricultores familiares nesta pesquisa, foram mapeadas as comunidades com base nas entrevistas realizadas. As coordenadas são registros de agricultores familiares que fizeram o Cadastro Ambiental Rural – CAR /CEFI.

Conforme a análise, as áreas das comunidades em destaque possuem terras aptas a cultivos intensivos, anuais, culturas perenes, pastagens e reflorestamentos, nas quais as classes de declividades preponderantes correspondem a plano (0-3%) e suave ondulado (3-8%). Assim, as áreas planas apresentam solos profundos,

boa retenção de água, média fertilidade e baixa suscetibilidade à erosão; quanto às áreas suaves onduladas, caracterizam-se por solos profundos, alta a baixa retenção de água, alta a baixa fertilidade; baixa a moderada suscetibilidade à erosão (SÁ, 2001, p. 12). No âmbito desta investigação, o espaço mostra-se hábil para o perfil de produção da agricultura familiar, a qual é agrícola e pecuária. Conforme as entrevistas realizadas, são predominantes as culturas anuais e perenes.

Observa-se que há em Serrinha o incentivo à agricultura familiar; porém, visualiza-se um paradoxo no Mapa de Uso e a Ocupação da Terra (Figura 4), visto que o setor primário da economia permanece fortemente vinculado aos agropecuaristas. O legado histórico de Serrinha advém de trajetos criados por vaqueiros em meados do século XVII, que faziam a ligação entre Salvador e o Alto Sertão do São Francisco. Daí o fato de ser expressiva a agropecuária no município.

Análise dos dados do MAPBIOMAS Coleção 4.1 mostra que o Uso e Cobertura da Terra no município de Serrinha têm a predominância da Pastagem e do mosaico de Agricultura e Pastagem, que correspondem a 44.344.326 ha, o que é proporcional a 76%; em sequência, as Formações Florestais, que representam uma área de 13.568.649 ha, o equivalente a 22,89%. O município possui uma infraestrutura urbana que corresponde a 389.726 ha, sendo o valor referente a 0,60%. Consideram-se tais dados computando-se uma área de corpos hídricos em 31.098 ha, seguindo em 0,05%. Quanto aos dados não registrados e não observados, estimam-se 2.715 ha, avaliando em 0,01%.

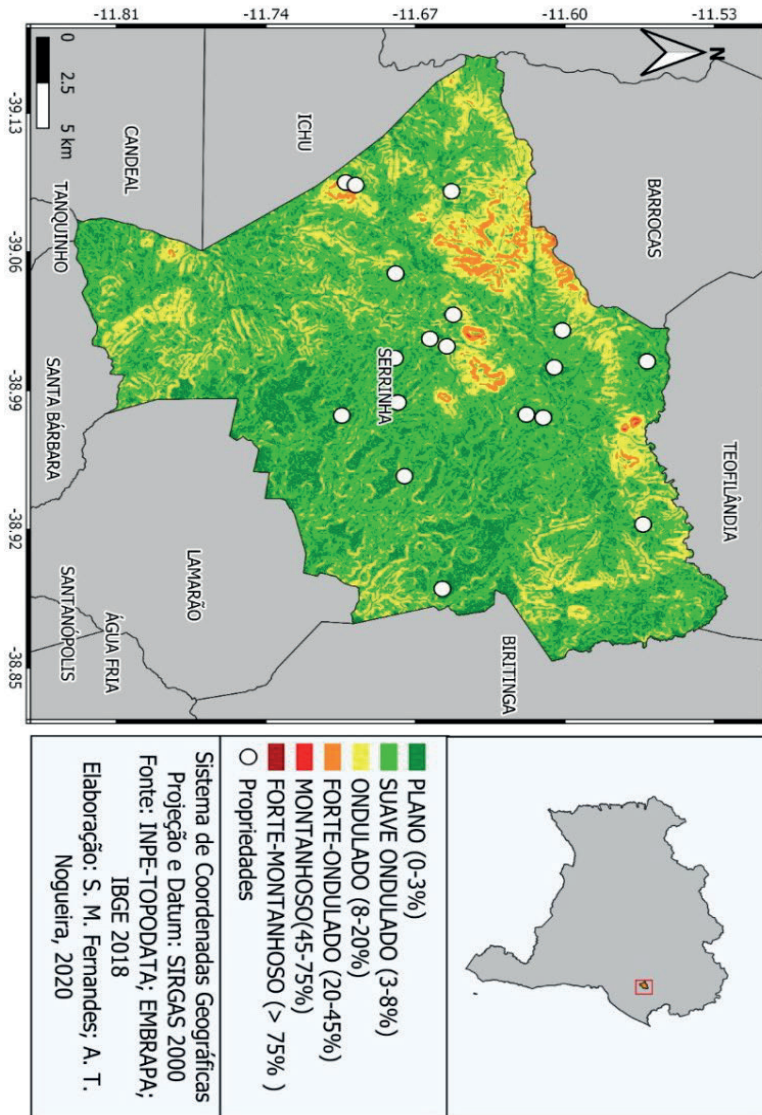



Figura 3 – Geoespacialização da Agricultura Familiar no Município de Serrinha, BA
Fonte: Imagem de Radar INPE-TOPODATA; IBGE Classe de Declividade da Embrapa; DATUM e SCG; WGS 84 UTM
Elaborada por Nogueira (2020) e Fernandes (2020)

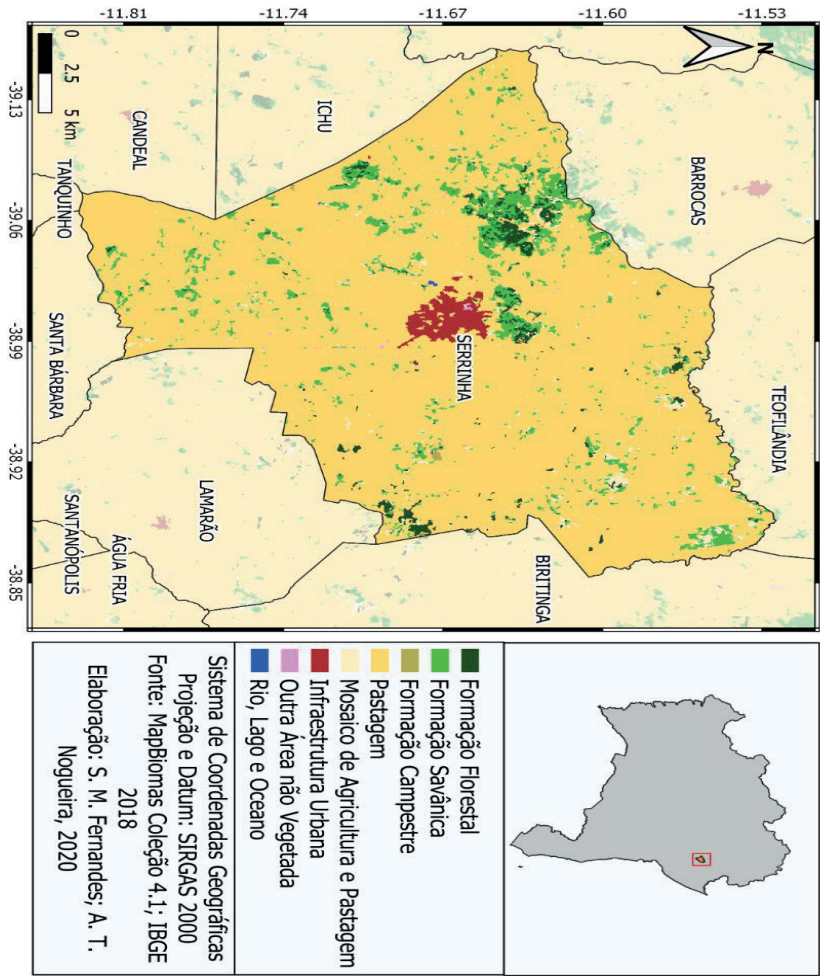



Figura 4 – Uso e ocupação da terra em Serrinha, BA
Fonte: Imagem de Radar INPE-TOPODATA; IBGE; DATUM SCG; WGS 84 UTM
Elaborada por Nogueira (2020) e Fernandes (2020)

Serrinha tem faces no uso e cobertura da terra para agropecuária, em que 92% da área de estabelecimentos rurais são ocupados pela agricultura familiar (IBGE, 2017). Notadamente

essa categoria social demonstra sua importância na economia agropecuária, sendo o símbolo do setor primário, além de possuir características que remontam aos primórdios do município.

Considerações finais

Tendo em vista a importância da agricultura familiar como fator de redução do êxodo rural e de evolução socioeconômica do município, esta pesquisa procurou responder às seguintes questões: Qual o ator social predominante na unidade familiar como responsável pelas transformações espaciotemporais que alcançam novos caminhos trilhados pelo município de Serrinha? Como o mapeamento da agricultura familiar é importante para o desenvolvimento local?

Com base nos resultados, aceita-se a hipótese em estudo, isto é, a agricultura familiar tem papel relevante no desenvolvimento local. Esta categoria social reconhece a sua função como integrante ativa para o sustento da família, produção de renda e garantia de trabalho.

A pesquisa comprovou que a mulher desempenha um papel muito significativo na unidade familiar da agricultura em Serrinha, pois responde por uma atuação de 60% no conjunto dos sujeitos entrevistados. Nota-se que o mapeamento da agricultura familiar é um instrumento metodológico importante para ampliação desse setor em Serrinha, na Bahia e no Brasil.

Quando se analisam as políticas públicas no país, especialmente as voltadas ao setor primário da economia, a agricultura familiar se evidencia como uma nova e importante atividade para o desenvolvimento local. Nas últimas décadas, verificaram-se mudanças significativas no setor com a valorização da agricultura familiar, cujo reconhecimento foi sancionado pela Lei Federal 11.326/2006. No caso de Serrinha, o que se constatou foi que o município, respaldado por novas iniciativas públicas, trilha por

novos caminhos a fim de preservar o interesse de seus agricultores familiares. Esses novos caminhos são conquistas que devem ser consolidadas para não se perder ao longo do tempo.

Referências

ABRAMOVAY, R. (1997). Paradigmas do capitalismo agrário em questão. São Paulo: Anpocs/Unicamp/Hucitec, 1992. Uma nova extensão para a agricultura familiar. In: Seminário Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural. Brasília, DF, Anais, p. 29.

ALBUQUERQUE, D. C. (2018). Agricultura familiar no município de Araçagi/PB: desafios e perspectivas no Sítio Cipoal. Monografia. Universidade Estadual da Paraíba, Campus III, Guarabira, Paraíba.

ALTIERI, Miguel A. (1998). *Agroecologia*: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável. Porto Alegre: Editora da UFRGS, p. 110.

ALTIERI, M. (2004). *Agroecologia*: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável. 3.ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, p. 110.

ANJOS, E.; OLIVEIRA, C. C.; SILVA, A. P.; SANTOS, V. As demandas das associações comunitárias que contribuem para o desenvolvimento rural. **Revista do Desenvolvimento Regional** – Faccat. Taquara/RS, v. 15, n. 2, p. 59-76, jul./dez. 2018.

ARAÚJO, C. A. (Jan./Jun. 2006). Bibliometria: evolução histórica

e questões atuais. **Em Questão**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 12. Disponível em: <http://revistas.univerciencia.org/>. Acesso em: 01 ago. 2019.

ASSIS, S. C. R.; PRIORE, S. E.; FRANCESCHINI, S. C. C. (2017). Impacto do Programa de Aquisição de Alimentos na Segurança Alimentar e Nutricional dos agricultores. **Ciência & Saúde Coletiva,** v. 22, n. 2, p. 617-626.

BEZERRA, G. J.; SCHLINDWEIN, M. M. (2017). Agricultura familiar como geração de renda e desenvolvimento local: uma análise para Dourados, MS, Brasil. **Revista INTERAÇÕES**, Campo Grande v. 18, n. 1, p. 3-15.

BRASIL (1964). Lei nº 4.504, de 30 de novembro de 1964. Dispõe sobre o Estatuto da Terra e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 30 nov. 1964. Seção 1. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato-1964/Lei/L11326.htm>. Acesso em: 14 jan. 2019.

BRASIL. (2006). Lei n. 11.326 de 24 de julho de 2006. Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11326.htm>. Acesso em: 14 jan. 2019.

BRASIL. (2016). MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO – MDA. O que é Agricultura Familiar. Disponível em: <http://www.mda.gov.br/sitemda>. Acesso em: 14 jan. 2019

BRASIL. Lei Federal nº 9.064 de 31 de maio de 2017. Dispõe

sobre a Unidade Familiar de Produção Agrária, institui o Cadastro Nacional da Agricultura Familiar e regulamenta a Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006, que estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e empreendimentos familiares rurais. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/2003/L10.696.htm>.

BUFREM, L; PRATES, Y. (Maio/Agosto, 2005). O saber científico registrado e as práticas de mensuração da informação. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 11.

CARVALHO, E. J. C. (2017). **A expansão urbana da cidade de Serrinha - Bahia e suas repercussões sobre os recursos hídricos**. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana.

CAVALHEIRO, T. R. T. (2018). **Importância da agricultura familiar: onto de vista social e ambiental**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição – PPGAN, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro – UNIRIO.

COSTA NETO, A. O. (2016). Impactos territoriais dos assentamentos rurais no município de Esplanada, BA. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Sergipe, São Cristovão, Sergipe. 367 p.

CRUZ, J. J.; OLIVEIRA, B. L. S. S.; VIANA, N. E. P.; SILVA, M. P.; GONÇALVES, Z. L. (2015). O centro de agroecologia no semiárido: experiências e alternativas para convivência com o semiárido. **Cadernos Macambira**, Bahia, v. 1, n. 2, p.113-122. Acedido em: 01 Agosto de 2019, em: Disponível em: <http://www.revista.lapprudes.net/index.php/CM/article/view/90>.

Acesso em: 01 ago. 2019

DELGADO, N. G. (Janeiro/Junho, 2003). Extensão e desenvolvimento local em busca da construção de um diálogo. **Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal**, ano 1, n. 1, p. 230.

ELSEVIER. Scopus.2016. Disponível em: <http://www.scopus.com>. Acesso em; 01 ago. 2019.

ESTEVA, G. (2000). Desenvolvimento. In: SACHS, Wolfgang (editor). *Dicionário do desenvolvimento*: guia para o conhecimento como poder. Petrópolis: Vozes, p. 62- 211.

FAVARE, M. C. C., YADA, M. M. (2019). A importância da mulher na agricultura familiar. IN: V SIMTEC – Simpósio de Tecnologia. aculdade de Tecnologia de Taquaritinga, v. 5, n. 1, p. 427-436.

FINATTO, R, A; SALAMONI, G. (Dezembro, 2008). Agricultura familiar e agroecologia: perfil da produção de base agroecológica do município de Pelotas, RS. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, MG, v. 20, n. 2, p. 199-217.

GASPARETO, S. A. K., KARNOPP, E., DEPONTI, C.M. (Setembro/Dezembro, 2016). A agricultura camponesa (des) aparecerá frente **às** determinações do Capital e/ou se (re)criará?. **Revista do Desenvolvimento Regional**, Santa Cruz do Sul, RS, v. 21, nº 3, p. 34-48.

GLIESSMAN, S. R. (2000) *Agroecologia*: processos ecológicos em agricultura sustentável. Porto Alegre: Ed. UFRGS.

GOMES, S. O, LIMA, V. N., CANDEIAS A. L. B., SILVA F. R. (2017). Uso e cobertura dos solos de Petrolândia utilizando Mapbiomas. IN: XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia e XXVI Exposicarta, 2017, Rio de Janeiro. **Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia e XXVI Exposicarta**, Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto, Rio de Janeiro, nov., p. 805-808.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2017). Censo agropecuário: primeiros resultados – São Paulo. Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria>. Acesso em: 29 jul. 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2018) Censo agropecuário: primeiros resultados – São Paulo. Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria>. Acesso em: 29 jul. 2019.

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. (1980). Módulos fiscais. Disponível em: <http://www.incra.gov.br/institucional_abertura>. Acesso em: 29 jul. 2019.

LIMA, S. H. O.; LEOCÁDIO, Á. L. (Janeiro/Abril, 2018). Mapeando a produção científica internacional sobre inovação aberta. **Revista Brasileira de Gestão e Inovação – Brazilian Journal of Management & Innovation**, Caxias do Sul, RS,v.5, n. 2, p. 182-208.

MAPBIOMAS – MAPEAMENTO ANUAL DA COBERTURA E USO DO SOLO DO BRASIL. (2019). O que é o Mapbiomas? **MAPBIOMAS**. Disponível em: <http://mapbiomas.org/pages/about/about>. Acesso em: 14 jan. 2019.

MOREIRA, M. (2016). MAPBIOMAS: Uma iniciativa ligada ao Lapig. Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento. Universidade Federal de Goiás. Disponível em: https://www.lapig.iesa.ufg.br/lapig/index.php/lapig/historico. Acesso em: 12 jan. 2019.

OLIVEIRA, F. V. B. (2014). **O potencial da agricultura familiar no Brasil e a necessidade da utilização de ferramentas de gestão**. Monografia (Graduação) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Aplicadas, Limeira, São Paulo. p. 8.

PAGANELLA, M. R.; FERNANDES, ALICE M.; ZANANDREA, G.; CAMARGO, M. E.; MALAFAIA, G.C. (2017). Desenvolvimento rural: uma análise bibliométrica. XVII Mostra de Iniciação Cientifica, Universidade de Caxias do Sul.

PEREIRA, V. V. V. R.; BAZOTTI, A. (2010). Ruralidade, agricultura familiar e desenvolvimento. **Notas Técnicas do Ipardes,** Paraná, n. 16.

PIRES, G. F. (2020). Protagonistas Rurais: um estudo sobre o papel da mulher na pluriatividade da agricultura familiar em Tupã, SP. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho, p. 5-110.

PLOEG, J. D. V. D. (Fevereiro, 2014)). Dez qualidades da agricultura familiar. **Revista Agriculturas: experiências em agroecologia,** n. 1, p.11.

RAUBER, J. A. (2012) Agricultura familiar no município de Travesseiro, RS. Monografia (Graduação). Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí.

REIS, E. O. (2018). A agregação de valor na agricultura familiar como estratégia para o desenvolvimento local endógeno: o caso das agroindústrias de Panambi, RS. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Maria, Palmeira das Missões, RS.

RÖDER, E. S. F.; SILVA. E.L. (Maio/Agosto, 2013). Agricultura familiar e as teses de doutorado no Brasil. **Transinformação,** Campinas, v. 25, n. 2.

SANTOS, M. (2000). Por uma outra globalização: do pensamento único à consciência universal. 2. ed. Rio de Janeiro: Record, p. 174.

SÁ, C. A. (2001). Mapeamento de Declividade Voltado para o Controle de Processos Erosivos em Sítios Florestais. Monografia (Graduação) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, p. 12.

SANTOS, C. F. (2009). **Agricultura familiar nos territórios baianos: o Programa de Desenvolvimento Regional Sustentável do Banco do Brasil**. Monografia (Graduação). Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, p. 15.

SANTOS, P. R. P; MEIRA, A.L.; SOUZA. (Maio/Agosto, 2018). Uma abordagem sobre o papel da mulher na cadeia produtiva do café no município de Barra do Choça, BA. **Revista do Desenvolvimento Regional**, Santa Cruz do Sul: Universidade de Santa Cruz do Sul, v. 23, n. 2, p. 60-80.

SECRETARIA ESPECIAL DE AGRICULTURA FAMILIAR E DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO. (2018). **Agricultura familiar do Brasil é 8ª maior produtora de alimentos do**

mundo. Disponível em: <http://www.mda.gov.br/>. Acesso: em: 30 de jul. 2019.

PRANDI, E. C. (2009.). Mulheres e agroecologia: a construção de novos sujeitos políticos na agricultura familiar. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) – Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 291f.

SILVA, C. A. O. (2017). Ações do governo do estado fortalecem agricultura familiar na Bahia. **Jornal Grande Bahia.** Salvador. Disponível em: http://www.jornalgrandebahia.com.br. Acesso em: 29 jul. 2019.

SOUZA, P. M.; FORNAZIER, A.; PONCIANO, N. J.; NEY, M. G. (Janeiro/Março, 2011). Agricultura familiar versus agricultura não-familiar: uma análise das diferenças nos financiamentos concedidos no período de 1999 a 2009. **Revista Econômica do Nordeste.** Documentos Técnico-Científicos, v. 42, n. 1.

SOUZA, M. P. (2013). Agricultura familiar na comunidade Cana Brava. município de Nova Roma, GO. Monografia (Graduação) Universidade de Brasília, Planaltina, DF.

SOUZA, L. S. P. (2016). O perfil da agricultura familiar em Três Forquilhas, RS. Monografia (Graduação). Universidade do Extremo Sul Catarinense / UNESC, Crciciúma, SC, p. 16.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA-UEFS. (2014). Projeto Pedagógico do Curso de Agronomia. Disponível em: <http://www.agronomia.uefs.br/arquivos/File/ProjetoAgronomiaCONSUFinalalterado.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2019.

WALSUM, E. V. (2014). O Ano Internacional da Agricultura Familiar. Fortalecendo a Agricultura Familiar. Vozes do Ano Internacional da Agricultura Familiar. Disponível em: <http://aspta.org.br/wp-content/uploads/2015/02/Fortalecendo-a-AgriculturaFamiliar.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2019.

Algoritmo para super-resolução de imagem baseado em informações de subpixel para geração de mapas temáticos

Soltan Galano Duverger
Joselisa Maria Chaves

Introdução

Nos últimos anos do século XX, cientistas da área de geociências confirmaram a existência de *pixels* mistos nas imagens de satélites. Esses *pixels* representam pontos da imagem com uma área correspondente na superfície terrestre contendo mais de uma classe espectral ou tipo de cobertura da terra (ADAMS *et al*., 1995). A presença desses *pixels* é uma das principais causas de redução da acurácia dos mapas de uso e coberturas da terra gerados a partir de métodos de classificação *pixel* a *pixel* (FISHER, 1997; CRACKNELL, 1998*)*. A obtenção de imagens de satélites gera quatro fenômenos relacionados com *pixels* de mistura. Estes são gerados tanto nos limites entre duas ou mais unidades de mapeamento em função da interdependência entre objetos centrais de fenômenos mapeáveis, representando objetos com *subpixel*s lineares, quanto pela representação de objetos com *subpixels* menores que a resolução espacial do *pixel* (Fisher, 1997). Nas imagens de satélites, por menor que seja a resolução espacial, maior será a área representada pelo *pixel* na superfície terrestre; como consequência, maior será o número de classes presentes dentro desses *pixels* (SILVA *et al*., 2007).

As técnicas de Análises de Mistura Espectral, ou modelos de mistura espectral, dividem-se em dois grupos: Modelos de Mistura Linear e Modelos de Mistura não Linear (KESHAVA; MUSTARD, 2002). Os modelos lineares consideram que cada *pixel* em uma imagem de satélite é o resultado de uma combinação linear de um pequeno número de *pixels* puros (em inglês, *endmembers*) (ADAMS *et al*., 1993; SMITH *et al*., 1990). Este pequeno número de *pixels* puros é limitado pelo número de bandas espectrais presentes nas imagens de satélites. A limitação provém do sistema de equações que é utilizado para o cálculo da quantidade de imagens-fração. O número de *endmembers* precisa ser menor que o número de bandas espectrais para que o sistema possa ser determinado, isto é, ter uma única solução. Por isso, em sua grande parte, os trabalhos usam como *endmembers,* três componentes ou coberturas espectralmente diferentes: vegetação, sombra e solo. Outro modelo bastante citado na literatura é do Lu-Weng (LU; WENG, 2004) que relaciona várias classes que passam pela transição triangular das três classes mencionadas (Figura 1).

Os modelos não lineares consideram que a relação entre os *pixels* da imagem e seus *endmembers* não é linear e, como consequência, a função do modelo matemático que estima as frações do *pixel* de mistura também não é linear. As técnicas para estimar a composição das coberturas da terra ou classes espectrais dentro de um *pixel* de mistura dependem das características da imagem de satélite, dos objetivos do pesquisador e das técnicas ou métodos disponíveis e implementados em algum aplicativo comumente utilizado no sensoriamento remoto (FOODY *et al.,* 2005; MERTENS *et al.*, 2008).

Até o momento, não existe um único método capaz de responder às diversas aplicações em sensoriamento remoto e de apresentar bons resultados das estimativas das quantidades e distribuição espacial dos *subpixels* dentro dos *pixels* de mistura. Por isso, continuam as pesquisas sobre a técnica de mapeamento de uso de cobertura da terra conhecida como super-resolução

com o intuito de melhorar a acurácia da distribuição das classes ou subclasses dentro de um *pixel*. Atkinson *et al.,* (1997), por exemplo, começaram suas pesquisas sobre mistura espectral com o modelo linear de mistura espectral para encontrar as frações. Logo depois, desenvolveram outros métodos com base no pressuposto de que os pixels de mistura têm dependência espacial no interior e entre os *pixels* vizinhos mais próximos. São os casos do método baseado em regras que permite determinar a distribuição espacial das proporções relativas de duas classes dentro de um *pixel* e o método que utiliza a rede neural de Holphiel (ATKINSON, 2001; ATKINSON, 2005).

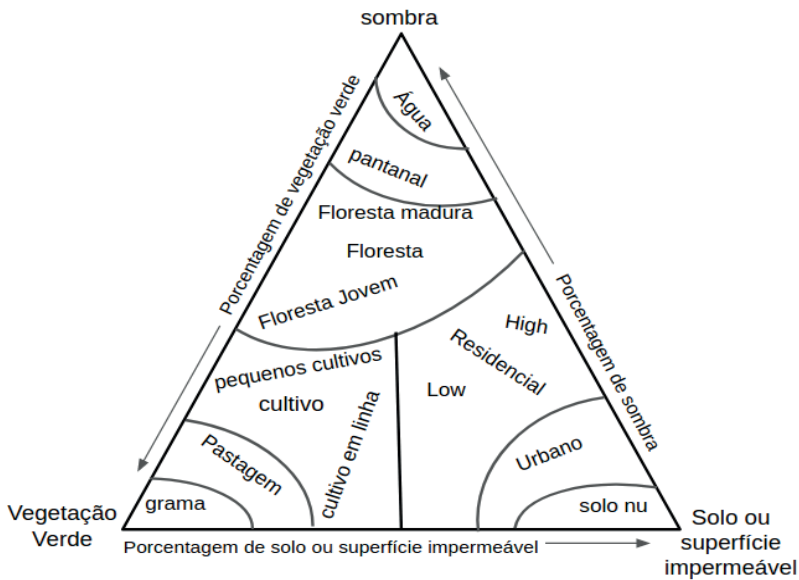



Figura 1 – Modelo linear de Lu-Weng envolvendo as frações sombra, vegetação verde e superfície impermeável nos vértices de um triangulo e composto por várias outras classes espectrais no interior do triângulo.
Fonte: Adaptada de Lu; Weng (2004).

Alguns trabalhos têm destacado um aumento na acurácia dos resultados a partir de comparações entre mapas temáticos derivados de técnicas de classificação tradicional ou *pixel*-a-*pixel* (considerando o *pixel* como a unidade mínima). A distribuição espacial resultante dos métodos de classificação *subpixels* em uma grade mais fina (a super-resolução) permite comparar o ganho da resolução espacial, em bordas mais refinadas das classes e estrutura dos polígonos mais detalhadas (Figura 2) (MERTENS *et al.*, 2008; MUSLIM *et al.*, 2011; SHARMA *et al.*, 2016).

Tatem *et al.* (2001, 2002) propuseram um algoritmo de super-resolução baseado em rede neural artificial de Hopfield. Esta técnica utiliza as informações da composição do *pixel* a partir de uma classificação suave como primeira versão do algoritmo e estende a solução para a distribuição espacial das classes dentro dos *pixels*. O algoritmo foi validado comparando-se com uma imagem área e a saída do modelo sobre um recorte de uma imagem Landsat *Thematic Mapper*. Estes métodos têm, como desvantagem, a complexidade de implementação, assim como uma alta carga de processamento computacional (ATKINSON *et al.*, 1997; TATEM *et al.*, 2002).

O método proposto por Ge *et al.*, *(*2006) utiliza as frações dos *pixels* de uma imagem artificial com o objetivo de fazer uma distribuição espacial dos *subpixels* do *pixel* central a partir das frações espectrais. Neste sentido, o presente capítulo propõe uma modificação do método apresentado por Ge *et al., (*2006) com o objetivo de superar os problemas de distribuição espacial de *subpixel* para casos de bordas de classes diferentes, similar ao exemplo desenvolvido no trabalho desses últimos autores. A modificação feita neste capítulo corrige as regras necessárias para o mapeamento envolvendo método de super-resolução em uma imagem de satélite. No método desenvolvido neste capítulo, controla-se a distribuição espacial das quantidades de *subpixels* dos vizinhos, a proporção e o número do *pixel* central a ser localizado. A validação foi feita a partir das informações de frações de uma imagem simulada de 6 x 4 *pixels* para obter um mapa *raster* temático de 96 x 64 *pixels*.

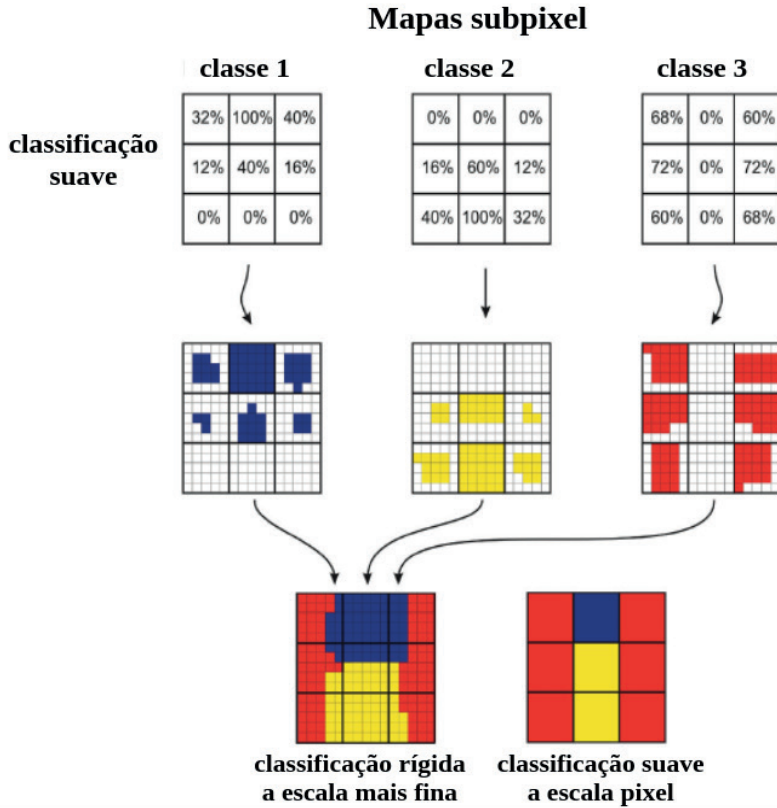



Figura 2 – Visão geral do processo de mapeamento em nível de *subpixel* – As quantidades de *subpixels* ou frações são calculadas para cada classe, antes de ser Hopfield distribuídas espacialmente

Fonte: Mertens *et al.*, 2008.

Mapeamento temático por meio de geração de super-resolução de imagens baseadas na técnica de mistura espectral

Os métodos de mapeamento espacial atribuem uma categoria a cada *pixel* da imagem. Quando um algoritmo faz a distribuição espacial em nível de *subpixel*, a partir de frações espectrais intra

e inter-*pixels*, geradas por um modelo de mistura espectral, tem-se o mapeamento em nível de *subpixel* ou mapeamento por meio de super-resolução de imagens. Um mapa derivado de super-resolução de imagens corresponde a um mapa com uma resolução espacial mais fina que a resolução da imagem de entrada no classificador (MERTENS *et al.*, 2008, TATEM *et al.*, 2002).

Classificação subpixel

Em geral, os modelos de mistura espectral têm, como dados de entrada, uma imagem de satélite com **N** bandas espectrais e, como saída, um grupo **K** < **N** de bandas de frações espectrais com valores entre [0, 1], onde uma banda da fração **j** correspondente ao *endmembers* **j** terá os pixels da mesma cobertura do *endmember* com valores próximos a 1, e os outros diminuindo até 0 (Figura 3).

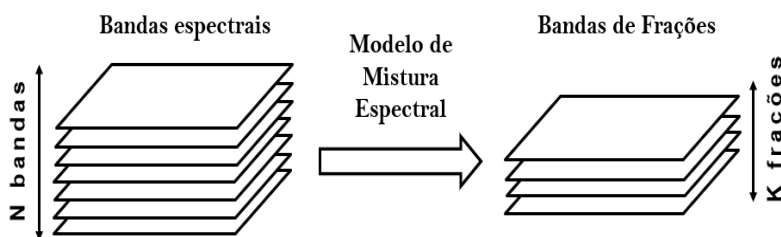



Figura 3 – Esquema geral dos modelos de mistura espectral.
Fonte: Elaboração pelos Autores.

Os modelos de mistura espectral usam, como base, as informações espectrais de um seleto grupo de *pixels* puros (*endmembers*), os quais representam uma única classe da imagem. Assim, qualquer *pixel* de uma imagem multiespectral pode ser

expresso como uma combinação linear ou não linear entre um vetor de coeficientes (frações espectrais) e a matriz de *endmembers*. Cada coeficiente ou fração é uma saída do modelo correspondente a um *pixel* puro (Figura 4). Vários são os modelos derivados da mistura espectral, desde aqueles que só restringem as frações para controlar o resultado até os que usam outras técnicas estatísticas em busca de frações mais precisas (ROBERTS *et al.*, 1998; CROSS *et al.*, 1991).

O modelo linear de mistura espectral assume que todo *pixel* com sinal espectral se representa pela equação:

$$x = M * \alpha + e \qquad (1)$$

onde para **n** bandas espectrais e **c** coberturas da terra, **M** é uma matriz **n** × **c**, e cada coluna representa o sinal espectral de cada *endmember*, é o vetor de frações ou quantidades *subpixels* desconhecidas, e ***e*** representa o ruído médio igual a zero (Figura 4). As frações são então estimadas a partir do processo de minimizar a equação quadrática:

$$E(a) = (x - M * a)T\,(X - M * a) \qquad (2)$$

sujeito às restrições de soma igual a 1, e não negatividade:

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \cdots + \alpha_c = 1 \quad e \quad \alpha_i \geq 0 \quad para \quad i = 1, \ldots, c \qquad (3)$$

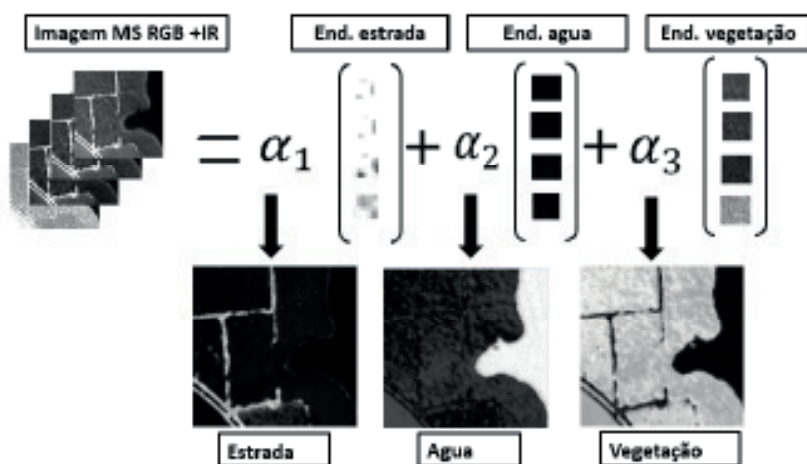



Figura 4 – Esquema gráfico de um modelo de mistura espectral como processo de classificação *subpixel*

Fonte: Elaboração pelos Autores.

Outras técnicas, que visam a encontrar as frações *subpixels*, usam outros tipos de técnicas conhecidas como classificação *subpixel.* São técnicas essenciais para a adequada descrição de padrões de cobertura do solo a partir de imagens de satélites multiespectrais e hiperespectrais. Os algoritmos de mistura espectral podem ser classificados como estatísticos ou não. Os modelos estatísticos são dependentes da distribuição normal multivariada, assumindo sempre que as amostras seguem uma distribuição normal (KUCKART, 2007). Exemplos desses modelos são os que usam métodos como máxima verossimilhança. Os modelos não estatísticos têm como base outros algoritmos baseados, por exemplo, na teoria dos conjuntos *fuzzy*, como o *possibilistic C-means* (PCM) e o *C-means* difusa e nas redes neurais artificiais (ATKINSON, 2005).

Método de mapeamento de bordas a partir de frações de mistura espectral

Neste tópico explica-se o método originalmente desenvolvido pela equipe de Ge *et al*., (2006). Trata-se da explicação para o *pixel* central (P_c) da imagem artificial de 3 x 3 *pixels* que será dividida em 256 *subpixels* (Figura 5). Duas classes referentes às frações da mistura espectral serão interpretadas como as classes de presença e ausência de um mapa temático: classe A, com os *pixels* em branco, e classe B, com os *pixels* em cor escura; as frações referentes são o par $\{a_c, b_c\}$.

Para isso, o *pixel* em análise (P_c) é dividido em vários segmentos de igual tamanho que orientaram a divisão *subpixel* por classes. Os segmentos são nomeados pela lista A, B, C, D, E, F, G, H, I, J e K. Assim, os segmentos centrais são AB, DE, GH, JK e os segmentos esquinas, BCD, EFG, HIJ, KLA (Figura 6). Os vizinhos do *pixel* Pc são representados por P_i onde os valores de $i \in [0, 7]$ e distribuídos por cada segmento correspondente à fração do *pixel* adjacente. Por exemplo, P_0 será correspondente ao segmento AB e às frações $\{a_0, b_0\}$. As frações dos vizinhos serão definidas por $\{a_i, b_i\}$.

Ge *et al*., (2006) precisaram definir o comprimento de cada segmento a partir das quantidades de *subpixels*. Para isso, dividiram os segmentos em oito partes com comprimento definido pela Equação 4. Assim, o segmento AB se divide em subsegmentos T_3, T_2, T_1, T, T_4, T_5 e T_6 (Figura 7) e a assimetria a partir do ponto T é identificada usando as quantidades *subpixels* dos vizinhos P_0, P_1, P_7, que têm fronteira com a classe A dentro de P_c.

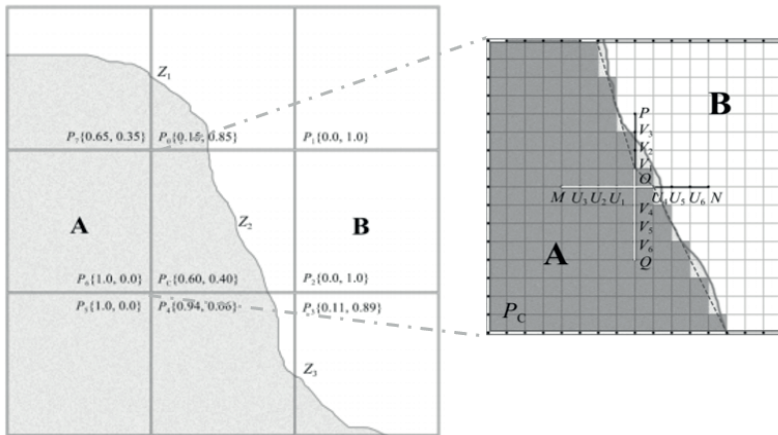



Figura 5 – Imagem artificial usada para o mapeamento de bordas – Pc é o *pixel* central para análise e frações das classes A e B
Fonte: GE *et al.*, (2006).

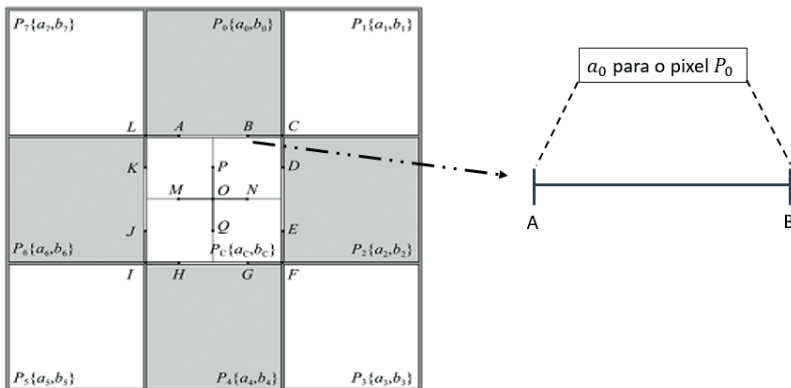



Figura 6 – Janela de 3x3 com os segmentos delimitados
Fonte: Modificada de GE *et al.*, (2006).

O comprimento de um segmento se entende como o número de subsegmentos a ser preenchido pela classe principal; neste caso, a classe A.

$$V_M = \begin{cases} M & para \;\; \alpha_i = 1 \\ 0 & para \;\; \alpha_i = 0 \\ \frac{[\alpha_i/0.125]}{8} * M & para \;\; 0 < \alpha_i < 1 \end{cases} \qquad (4)$$

Sendo o segmento ***M*** em análise e a quantidade do *subpixel* vizinho.

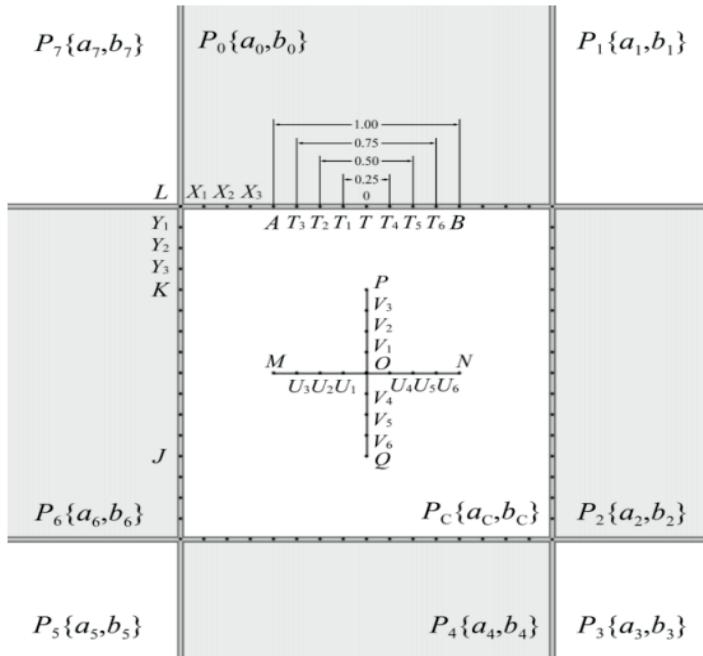



Figura 7 – Partição dos segmentos do *pixel* central
Fonte: GE *et al.*, (2006).

No método de GE *et al.*, (2006), o comprimento e deslocamento de V_{MON} no segmento *MON* e do $\boldsymbol{V}_{POQ}$ no segmento

POQ são encarregados de guiar a linha que separa as classes A e B. Os segmentos *MON* e *POQ* são perpendiculares, logo, cortados no ponto central O do *pixel* P_c. Assim, OP = OQ e OM = ON. Os segmentos PQ e MN se dividem como o segmento AB em 8 intervalos iguais e U_3, U_2, U_1, O, U_4, U_5, U_6 e utilizam as Equações 4 e 5 para calcular comprimento e deslocamento.

Para determinar as fronteiras da classe A em $\boldsymbol{P_c}$, após obter os comprimentos e os deslocamentos dos segmentos de $\boldsymbol{P_c}$, conectam-se todos os vértices diferentes de zero, incluindo *MON* e *POQ*, para formar o polígono. Como resultado desta operação, as fronteiras representam as mesmas da classe A dentro de $\boldsymbol{P_c}$. A partir da distribuição de A, determina-se a distribuição de B, uma vez que o resto dos *subpixels* de $\boldsymbol{P_c}$ que não pertençam à classe A pertencerão à classe B.

Construção de mapas temáticos a partir de super-resolução de imagens derivadas de frações subpixel

O método de mapeamento de bordas proposto por Ge *et al.* , (2006), descrito no tópico anterior, permite distinguir a geometria que forma a classe A dentro do *pixel*, e, em consequência, também a classe B. O método foi selecionado por esta pesquisa por ser computacionalmente rápido, mas o primeiro problema encontrado ao implementar o algoritmo em um programa foi: não permite dividir geometrias complexas ou irregulares, como descrito no tópico anterior (Figura 5).

Separou-se, no tópico anterior, um pixel em duas classes (Figura 5), mas outras formas de distribuição *subpixel* não regulares não funcionam com o método original. Na Figura 8 estão presentes casos onde o método original falha; por isso, na prática, a implementação para seu uso com imagens reais de satélite não conseguiria gerar um mapa derivado de super-resolução de imagens.

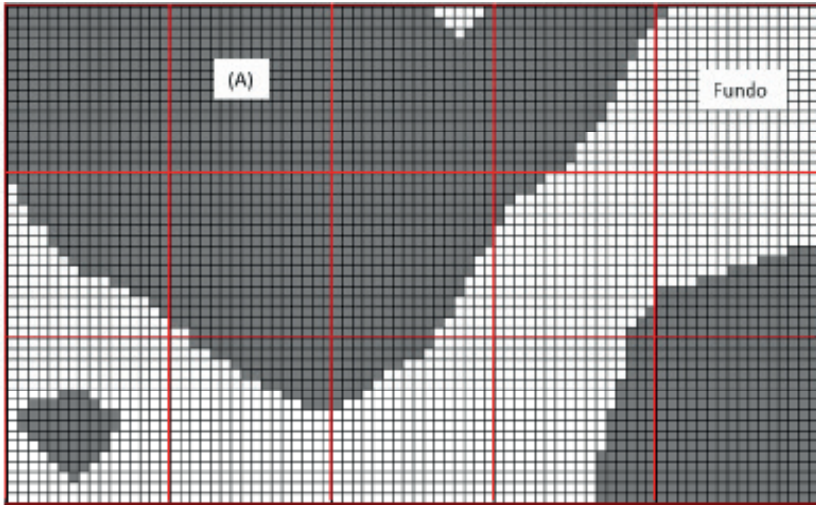



Figura 8 – Mapa temático de duas classes de tamanho 5 x 3 *pixels* – Os quadros pequenos escuros e brancos representam *subpixels*

Fonte: Elaboração pelos Autores.

Uma das modificações principais do método original é eliminar, das análises, os segmentos centrais *MON* e *POQ* do *pixel* (Figura 5), evitando que as quantidades pequenas de *subpixels* associadas às fronteiras com outros polígonos da classe **A**, não tenham que forçar a divisão do *pixel* até o centro, quebrando, desse modo, a harmonia da formação da classe. Com essa transformação, as quantidades de *subpixels* de $\boldsymbol{P_c}$ deixam de controlar a distribuição espacial da classe **A** e passam a controlar só as quantidades de *subpixels* dentro do *pixel*. Então, a distribuição de **A** dentro de **Pc** será regida pelas frações dos *pixels* vizinhos. Essa solução se apoia na seguinte análise: se um subconjunto de *subpixels* deve ser distribuído dentro de um *pixel,* pela natureza dos objetos de uma imagem, esses *subpixels* vão estar agrupados aos vizinhos com frações altas, como acontece em alguns *pixels* do exemplo proposto na Figura 7. Assegura-se, com esta condição, que as fronteiras dos polígonos formados por polígonos pequenos

tenham uma continuidade mais natural e lógica possível, evitando que, em uma classificação de uma imagem de satélite, o mapa temático resultante de super-resolução de imagens tenha fragmentos de *pixels* incoerentes com a imagem.

Uma das soluções propostas por este trabalho foi um conjunto de 10 regras que controlam a classificação dos *subpixels* nas classes **A** ou **B**. O mapa temático da Figura 9 apresenta os tipos de polígonos *subpixels* com formas primitivas geométricas que serão aqui analisadas. Estas regras cobrem a distribuição de um conjunto de possíveis polígonos dentro do *pixel*.

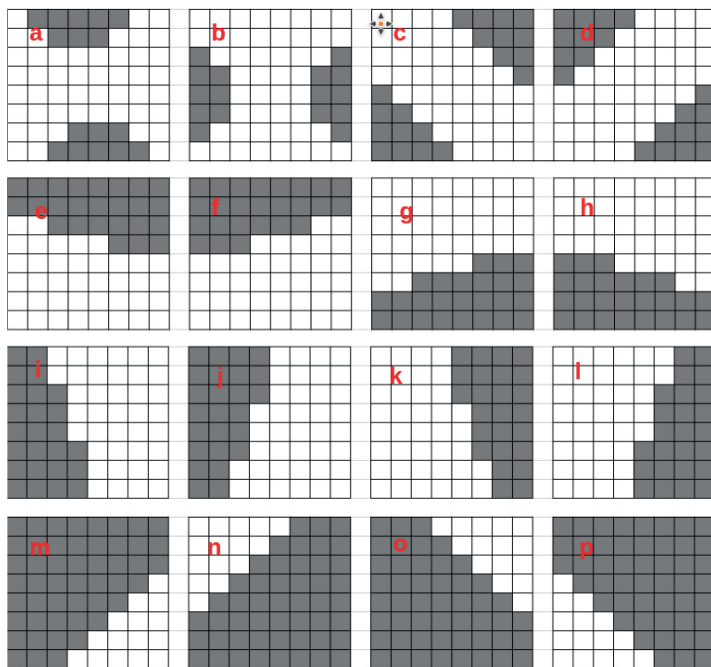



Figura 9 – Polígonos modelos com duas classes de *subpixels*: a, b polígonos formados a partir de um ou dois segmentos consecutivos; c, d polígonos com segmentos consecutivos incluindo uma aresta; e-l polígonos com duas arestas; m- p polígonos com três arestas

Fonte: Elaboração pelos Autores.

Seja **G** o conjunto de *subpixels* que compõe a classe **A** dentro do *pixel* P_c, **V** o conjunto de segmentos de bordas do *pixel* P_c, então os polígonos ou geometrias que compõem a distribuição espacial dos subpixels dentro do *pixel* seguem as seguintes regras:

1. O conjunto **G** de *subpixels* pode ser dividido em G_i subconjuntos de *subpixels* tal que □ G_i = **G**.
2. Se os segmentos V_i são consecutivos e distintos de zero, então são lados de um polígono.
3. Todo polígono O_i deve ser fechado depois de um conjunto V_i de segmentos consecutivos e distintos de zero.
4. Os segmentos V_i que compartilham fronteiras com segmentos dos *pixels* vizinhos devem coincidir o ponto final do vizinho com o ponto inicial do conjunto V_i de segmentos consecutivos e distintos de zero.
5. Para todo P_c distinto de zero existem polígonos P_i formados por um ou mais segmentos bordas (Figura 5).
6. Se três arestas com quatro *pixels* vizinhos têm informação, a quarta aresta também deve ser incluída na classe para fechar o polígono.
7. Se P_c = 1, então os polígonos dos oito vizinhos têm segmentos em comum com o *pixel* P_c. Um valor próximo a 1 das frações da classe **A** em P_c influencia os valores vizinhos.
8. Se o número de subsegmentos V_{ij} de um segmento V_i aresta é menor que 3, então existe um ponto de ruptura nos segmentos consecutivos e a distribuição espacial dos *subpixels* passa a formar dois conjuntos de segmentos ou dois polígonos.
9. Se a distância entre um segmento V_i e seu consecutivo é de seis ou mais subsegmentos, então existe um ponto de ruptura.
10. Se o número de subgmentos V_{ij} de um segmento V_i aresta é menor que 3 com deslocamento zero, mas os segmentos anteriores e posteriores têm valores próximos a 3, então o valor de V_i passa a ser zero e aparece um ponto de ruptura.

Análises do novo método em um mapa temático artificial com duas classes

Uma forma de validar, se as regras funcionam para a aplicação em uma classificação de uma imagem de satélite, é construir uma imagem artificial que contenha a complexidade necessária até o ponto do método proposto por Ge *et al.*, (2006) (Figura 6). Para validar as novas regras deste trabalho, será utilizada uma imagem artificial de mapa temático (Figura 10), com polígonos mais complexos e informações das frações de mistura espectral. O mapa possui 24 *pixels*, dos quais serão detalhadamente calculados os 6 *pixels* do centro, posto que os métodos precisam das informações dos *pixels* vizinhos para a distribuição espacial em super-resolução. Também serão considerados os *pixels* nas bordas da classe **A** e que têm frações menores do que 1. A análise segue uma ordem da esquerda para direita e de cima para baixo, posto que, para este exemplo, serão analisados os *pixels* 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15 e 16, mas dentro dos quais os números 8 e 9 têm quantidade de *subpixel* igual a 1, o que significa que estes *pixels* têm 100% dos *subpixels* na classe **A**. Logo, serão detalhadamente descritos os *pixels* 7, 10, 13, 14, 15 e 16.

Para a análise, foram propostas 24 quantidades de *subpixels* para a classe **A**, com cor escura. Essa quantidade não foi calculada por um algoritmo de mistura espectral ou classificação *subpixel* por ser uma imagem simulada para testar o método, mas cumpre as condições impostas para a Equação 3 de que a soma das duas frações A e B dentro de um *pixel* é igual a 1. Os valores utilizados são:

$P_0 = 0,3; P_1 = 1; P_2 = 1; P_3 = 1; P_4 = 0,9;$
$P_5 = 0; P_6 = 0,01; P_7 = 0,77; P_8 = 1; P_9 = 1;$
$P_{10} = 0,77; P_{11} = 0; P_{12} = 0; P_{13} = 0,14; P_{14} = 0,92;$
$P_{15} = 0,72; P_{16} = 0,31; P_{17} = 0,8; P_{18} = 0; P_{19} = 0; P_{20} = 0,35; P_{23} = 1$

0	1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23

Figura 10 – Mapa temático de 24 *pixels* para testar o método modificado
Fonte: Elaboração pelos Autores.

Começamos as análises pelo *pixel* 7, seguindo o esquema da Figura 6. Então, $\mathbf{P_1}$ é o *pixel* correspondente ao *segmento* AB, P_2 = BCD, P_8 = DE, P_{14} = EFG, P_{13} = GH, P_{12} = HIJ, P_6= JK, P_0 = KLA. Para abreviar, utilizaremos os termos .

Cada polígono dentro de um *pixel* é construído a partir da leitura de cada segmento, seguindo o sentido horário a partir do segmento AB. Se o segmento KLA anterior ao segmento AB tem valores não nulos, então o algoritmo deve procurar, na mesma ordem, o primeiro segmento com valor 0 e começar a ler a partir deste para inicializar a construção dos polígonos. Se o segmento BCD, posterior ao segmento AB, tem valores nulos, a análise começa na mesma ordem com o primeiro segmento posterior a BCD e com valor distinto de 0. Na Tabela 1, encontram-se os *pixels* em análises, os quais têm os nomes dos segmentos, o número que nomeia o *pixel* adjacente aos segmentos (Figura 8), as frações *subpixel*, a quantidade de subsegmentos por segmento e o deslocamento desses subsegmentos.

Tabela 1 – Quantidade de subsegmentos por segmentos correspondentes aos *pixels* em análise

	P_7				P_{10}				P_{13}			
Seg	N. P_i	α_i	V	Des	N. P_i	α_i	V	Des	N. P_i	α_i	V	Des
AB	1	1	8	0	4	0,78	6	0	7	0,81	6	0
BCD	2	1	8	0	5	0	0	0	8	1	8	0
DE	8	1	8	0	11	0	0	0	14	0,94	7	0
EFG	14	0,94	7	0	17	0,68	5	0	20	0,44	3	2
GH	13	0,15	1	3	16	0,23	1	0	19	0	0	1
HIJ	12	0	0	0	15	0,69	5	0	18	0	0	0
JK	6	0,06	0	0	9	1	8	0	12	0	0	0
KLA	0	0,82	6	0	3	1	8	0	6	0,06	0	0
	P14				P15				P16			
Seg	N. P_i	α_i	V	Des	N. P_i	α_i	V	Des	N. P_i	α_i	V	Des
AB	8	1	8	0	9	1	8	0	10	0,71	5	1
BCD	9	1	8	0	10	0,71	5	0	11	0	0	0
DE	15	0,69	5	0	16	0,23	1	1	17	0,68	5	-1
EFG	21	0,28	2	0	22	0,36	2	0	23	1	8	0
GH	20	0,44	3	0	21	0,28	2	0	22	0,36	2	1
HIJ	19	0	0	0	20	0,44	3	-1	21	0,28	2	0
JK	13	0,15	1	-2	14	0,94	7	0	15	0,69	5	0
KLA	7	0,81	6	0	8	1	8	0	9	1	8	0

Fonte: Elaboração pelos Autores.

O *pixel* $\boldsymbol{P_i}$ em análise será dividido em 16 x 16 pixels segundo Ge *et al.*, (2006) e, para melhor explicação na localização dos segmentos, no processo de criação dos polígonos, foram colocadas coordenadas internas, inicializado no ponto (0, 0) e finalizado no ponto (15, 15), em uma grade de 0 a 15 pela horizontal e vertical.

A Tabela 2 mostra os cálculos realizados para cada *pixel* no processo de divisão na aresta de uma classe. As informações para cada *pixel* são:

1. Quantidades de *subpixel*: as frações calculadas por um classificador *subpixel* ou um algoritmo de mistura espectral.
2. Número de *subpixels*: o número da classe A que tem o *pixel* em estudo dos 256 *subpixels* que o compõem.
3. Segmento inicial: o segmento pelo qual se começa a ler o polígono.
4. Número de subsegmentos *V*: o número desse segmento inicial.
5. Deslocamento: o número de subsegmentos que se deslocaram para a direita ou para a esquerda.
6. Ponto inicial: coordenada onde começa o segmento inicial.
7. Segmento final: segmento pelo qual se finaliza a leitura do polígono.
8. Reajuste inicial ou final: ponto inicial ou final do polígono com o deslocamento.

Em $\mathbf{P_7}$, o valor corresponde a KLA e é diferente de zero. Portanto, a leitura começa a partir de KLA, seguindo consecutivamente os segmentos na ordem KLA, AB, BCD, DE, EFG, GH porque têm quantidade de *subpixels* distinta de zero. Logo, analisa-se KLA e GH para os pontos iniciais e finais do polígono. Observando esta regra, os segmentos serão distribuídos em partes iguais a partir do centro, o comprimento V de KLA é 6, o que significa que o segmento KLA começa em (0, 3) pela vertical e termina em (3, 0) pela horizontal. Em seguida, procura-se o valor do deslocamento do segmento, que nesse caso é zero. Então, o ponto inicial do polígono é (0, 3). Todos os intervalos têm valores distintos de zero até o segmento GH, que tem um subsegmento; logo, o limite dos segmentos consecutivos vai de (8, 15) até (9, 15). Como o deslocamento de GH resultou em 3,

este subsegmento se translada a favor do sentido dos segmentos com informação, terminando com coordenadas de (11, 15) até (12, 15). Como nosso interesse são todos os pontos que servem para formar o polígono, consideramos as arestas que estejam contidas e também o ponto anterior ao ponto inicial, o qual é fixado em (11, 15). O grupo de segmentos consecutivos com valor distinto de zero agrupou uma quantidade de pontos de arestas, determinando o tipo de polígono. Por último, para delimitar o polígono na grade, temos que guardar todos os pontos necessários para desenhar o polígono, na seguinte ordem: (0, 3), (0, 0), (15, 0), (15, 15), (11, 15), (0, 3).

Tabela 2 – Cálculo dos vértices dos polígonos bordas da imagem da Figura 8 – *Pixels* com coordenadas sublinhadas foram ajustados

Informações	**P_7**	**P_{10}**	**P_{13}**	**P_{14}**	**P_{15}**	**P_{16}**	
Quantidade *subpixel*	0,77	0,77	0,14	0,92	0,72	0,31	
No. de *subpixels*	197	197	35	235	184	79	
Segmento inicial	KLA	EFG	AB	JK	EFG	HIJ	DE
No.Subsegmentos ***V***	6	5	6	1	2	2	5
Deslocamento	0	0	0	-2	0	0	0
Ponto inicial	(0, 3)	(15, 13)	(5, 0)	(0, 9)	(15, 8)	(0, 10)	(15, 6)
(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)	não	(0, 0)	(0, 0)	(0, 0)	não
(0, 15)	(0, 15)	não	(0, 15)	(0, 15)	(0, 15)	não	não
(15, 15)	(15,15)	sim/não	não	(15,15)	sim/não	não	(15, 15)
(15, 0)	não	(15, 0)	não	não	(15, 0)	não	não
Segmento final	GH	AB	EFG	GH	DE	AB	GH
No.Subsegmentos ***V***	1	6	3	3	1	5	2
Deslocamento	3	0	2	0	1	1	1
Ponto final	(11,15)	(11, 0)	(15,14)	(7, 15)	(6, 15)	(11, 0)	(8, 15)
Reajuste inicial	(0, 3)	(7, 15)	(8, 0)	(0, 11)	(15, 6)	(0, 6)	(15, 6)
Reajuste final	(8, 15)	(11, 0)	(15,11)	(7, 15)	(9, 15)	(7, 0)	(8, 15)

Fonte: Elaboração pelos Autores.

As análises realizadas para KLA se aplicam a todos os restantes dos *pixels* que serão levados ao processo de distribuição dos *subpixels,* na mesma lógica utilizada. Para auxiliar nas análises dos demais polígonos, os cálculos foram organizados na Tabela 2. *O pixel* $\mathbf{P_{10}}$ tem os segmentos EFG, GH, HIJ, JK, KLA e AB distintos de zero. O valor de $\mathbf{P_{17}}$ é 0,68; este valor multiplicado por 8 dá um valor discreto de 5 subsegmentos; então, o algoritmo começa a considerar os segmentos que formam parte do polígono pelo segmento EFG. Segundo este cálculo, (15, 13) é o ponto inicial do polígono, mas, uma vez que a quantidade de subsegmentos é 5, repartiremos, a partir do ponto (15, 15), dois subsegmentos para esquerda e três para direita por ter, neste sentido, as frações maiores que zero, e o deslocamento 0. O valor de $\mathbf{P_{17}}$ controla o comprimento de EFG; por isso, os valores de V são relativamente altos, mas o *pixel* $\mathbf{P_{11}}$ = 0 nada de *subpixels* na classe A, e pixel $\mathbf{P_{16}}$ = 0.31 tem 79 *subpixels* a distribuir com uma esquina com $\mathbf{P_{9}}$, $\mathbf{P_{15}}$ e $\mathbf{P_{10}}$ com informação, significando que a esquina de $\mathbf{P_{16}}$ com $\mathbf{P_{10}}$, $\mathbf{P_{11}}$ e $\mathbf{P_{17}}$ não terá distribuição de *subpixels*. Assim, para ter continuidade entre os polígonos de $\mathbf{P_{10}}$ e $\mathbf{P_{16}}$, o ponto (15, 13) do polígono de $\mathbf{P_{10}}$ passa ao correspondente a essa aresta de $\mathbf{P_{16}}$, inicia então com (7, 15) e finaliza com (11, 0) do segmento AB.

O *pixel* $\mathbf{P_{13}}$ tem os segmentos KLA, AB, BCD, e DE distintos de zero. O valor de $\mathbf{P_{6}}$ é 0,06, que, multiplicado por 8, não resulta em um valor discreto suficiente para representar um subsegmento. Por isso, o algoritmo deprecia KLA e começa a considerar segmentos a partir do segmento AB. Segundo este cálculo, (5, 0) é o ponto inicial do polígono, uma vez que a quantidade do subsegmento é 6 e o deslocamento é 0. O valor de P_7 controla o comprimento de AB e a continuidade entre os dos polígonos, significando que, para coincidir o ponto (5, 0) do polígono de $\mathbf{P_{13}}$ com o ponto (8, 15) de $\mathbf{P_{7}}$ pela abscissa X, é necessário um ajuste de (5, 0) a (8, 0). Como $\mathbf{P_{14}}$ controla o número de subsegmentos de DE em $\mathbf{P_{13}}$, logo o ponto final sofre o ajuste de (15, 14) a (15, 11).

O pixel $\mathbf{P_{14}}$ tem os segmentos JK, KLA, AB, BCD, DE, EFG e GH distintos de zero. O valor da fração de $\mathbf{P_{13}}$ é 0,15, que, por sua vez, multiplicado por 8, também não resulta em um valor discreto

de um subsegmento, fazendo o algoritmo iniciar a varredura pelo segmento JK. Segundo este cálculo, (0, 9) é o ponto inicial do polígono, uma vez que a quantidade do subsegmento é 1. Como o deslocamento é 2 no sentido da esquerda, deslocam-se dois subsegmentos e se ajusta a (0, 11). O valor da fração de $\mathbf{P}_{20}$ controla o comprimento de GH, mas como o deslocamento é 0 e o segmento é central, então a continuidade entre os dois polígonos é regida por $\mathbf{P}_{14}$, significando que o ponto final do polígono fica em (7, 15).

O *pixel* $\mathbf{P}_{15}$ tem todos os segmentos com valores maiores do que zero. Deste modo, todos os *pixels* vizinhos têm informações em nível de *subpixels*. Ainda assim, há dois aspectos a serem considerados. Primeiro, a fração é menor do que 0,75; segundo, esse ponto representa uma borda. Portanto, este *pixel* precisa de uma análise mais profunda. Segundo os valores dos segmentos HIJ, JK, KLA, AB e BCD, as frações são grandes, com comparação com os valores de DE, EFG e GH. Isso significa que esses segmentos têm informações que não estão agrupadas nas arestas compartilhadas entre $\mathbf{P}_{15}$, $\mathbf{P}_{16}$, $\mathbf{P}_{21}$ e $\mathbf{P}_{22}$. Uma das regras de formação de segmentos refere-se ao caso em que, se um segmento de uma aresta tem dois ou menos subsegmentos e o deslocamento é 0, então o valor do segmento passa a ser 0. Entre os segmentos BCD e DE há um grupo maior que 4 de subsegmentos sem valor, que é a distância entre o ponto inicial DE (15, 7) e o ponto final BCD (15, 2). Então, o valor de DE passa a ser 0. O mesmo acontece com GH, por ter um valor baixo e possuir uma distância maior que 4 para HIJ. Logo, o ponto inicial do polígono é (15, 6) e o ponto final é (9, 15).

O *pixel* $\mathbf{P}_{16}$ é o caso em que a classe A dentro do pixel divide-se em dois polígonos, uma vez que apresenta *pixels* que se dividem em dois grupos. Na Figura 5, vimos que a divisão acontece porque tem um grupo de *pixels* da classe A ($\mathbf{P}_0$, $\mathbf{P}_1$, $\mathbf{P}_2$, $\mathbf{P}_3$, $\mathbf{P}_4$, $\mathbf{P}_7$, $\mathbf{P}_8$, $\mathbf{P}_9$, $\mathbf{P}_{10}$, $\mathbf{P}_{14}$, $\mathbf{P}_{15}$, $\mathbf{P}_{20}$) que atrai um grupo de *subpixels* para um extremo de $\mathbf{P}_{16}$ e outro grupo de pixels ($\mathbf{P}_{17}$, $\mathbf{P}_{23}$) que atrai o outro grupo de *subpixels* para o outro extremo. Então, as regras consideram este caso e entendem esta situação como a existência de um corte na continuidade dos segmentos provocados pela aresta BCD, posto

que seu valor é 0, e também pelo segmento aresta HIJ com valor menor do que 3. Aplicando a regra 10 de formação de subsegmentos, o valor de HIJ passa a ser zero. Logo, $\mathbf{P_{16}}$ é composto de dois grupos de segmentos consecutivos, um grupo formado pelos segmentos JK, KLA e AB e outro grupo formado pelos segmentos DE, EFG e GH (Tabela 1). Os polígonos começaram com as coordenadas (0,10), (0,0) e (11,0) para o primeiro, e (15,6), (15,15) e (8,15). As coordenadas dos polígonos serão ajustadas pelos vizinhos $\mathbf{P_{10}}$ e $\mathbf{P_{15}}$; portanto, as coordenadas finais do primeiro polígono seriam (0,6), (0,0) e (7,0). O segundo polígono de $\mathbf{P_{16}}$ não é analisado por causa do sentido de análise da imagem.

Na Figura 11 é apresentada a estimativa considerando a distribuição de *subpixels* dos *pixels* da Figura 10. Como o método utiliza uma janela de 3 x 3 para análises, então os *pixels* da primeira e última fila e os *pixels* da primeira e última coluna não entram na análise, ou na implementação do método estas filas e colunas são duplicadas. Entretanto, no exemplo apresentado na Figura 11, foram considerados os pixels centrais relativos à matriz 6 x 4, por ser uma área pequena. As bordas, para este exemplo (*pixels* $\mathbf{P_0}$, $\mathbf{P_1}$, $\mathbf{P_2}$, $\mathbf{P_3}$, $\mathbf{P_4}$, $\mathbf{P_5}$, $\mathbf{P_6}$, $\mathbf{P_{11}}$, $\mathbf{P_{12}}$, $\mathbf{P_{17}}$, $\mathbf{P_{18}}$, $\mathbf{P_{19}}$, $\mathbf{P_{20}}$, $\mathbf{P_{21}}$, $\mathbf{P_{22}}$ e $\mathbf{P_{23}}$), foram estimadas sem a análise feita pelo método, e sim para apresentar um mapa de super-resolução completo.

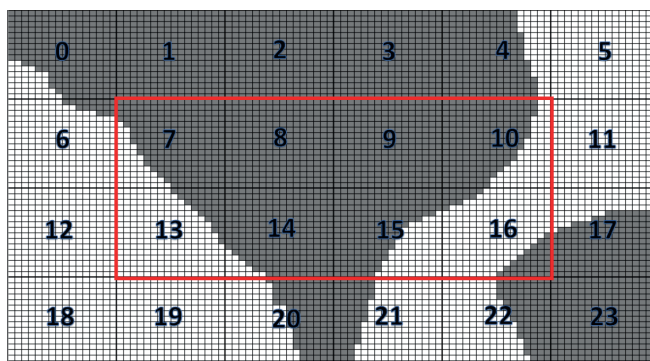



Figura 11 – Mapa de super-resolução resultante do método aplicado à imagem artificial da Figura 8

Fonte: Elaboração pelos Autores.

Estimativa da área classificada

Um dos desafios ao se trabalhar com geotecnologias (sensoriamento remoto e sistema de informações geográficas) é quantificar a área classificada a partir de imagens de satélites e estimá-la com uma precisão maior do que as classificações que contemplam o *pixel* como uma unidade. Estudos sobre estimativa com uma precisão de *subpixel* comparam métodos de classificação suave e mistura espectral com imagens de alta resolução e medições em campo para provar o quão próximas estão as estimações ao valor real (CROSS *et al.*, 1991; SHIMIZU; OKUTOMI, 2002; WALTON, 2008).

Neste estudo, bastariam às informações das frações para se estimar a área total numa precisão *subpixel*. Tomando-se como base a imagem da Figura 6, se a resolução da imagem é de 10 metros, então cada *pixel* representa, no terreno, 100 m^2. Como a área da classe A é ocupada por 14 *pixels,* a área total estimada pela classificação tradicional seria de 14 * 100 = 1400 m^2. Se quisermos uma precisão melhor, uma estimativa da área deve ser feita a partir dos valores das frações da classe **A**, e assim o valor final estaria mais próximo da área real, como foi apresentado no exemplo anterior com as Figuras 6 e 7. Para saber a área, basta somar o produto das quantidades *subpixel* com a área total de um *pixel* (ver Tabela 3), conforme a Figura 9. Assim, a área total é dada por:

Área da Classe A = (0.3 + 6 + 0.9 + 0,01 + 2 * (0.77) + 0.14 + 0.92 + 0.72 + 0.31 + 0.8 + 0.35 + 0.44 + 0.67) * 100 = **1310.00 m^2**

Este cálculo só pode ser feito em áreas pequenas para não introduzir erros cartográficos no cálculo, posto que, em mosaicos compostos por várias imagens de satélites, os pixels mais afastados do centro da imagem possuem uma área superestimada.

O erro de precisão entre a área estimada com classificação tradicional e classificação *subpixel* é de 90 m^2 (1400 – 1310), em 24

pixels, para uma resolução de 10 metros. Em uma resolução maior com um número maior de *pixels* para uma classe A, a diferença de área estimada entre a classificação tradicional e a classificação *subpixel* seria de milhares de metros quadrados, ou seja, o erro seria significativamente maior.

Outro questionamento sobre área estimada seria o quanto de exatidão teria um classificador *subpixel.* A partir desta pesquisa, propomos que sejam calculadas as áreas a partir dos *subpixels* amostrados especialmente da classe A, como o exemplo da Figura 9 e, assim, seria usado o cálculo de área respeitando as regras cartográficas para grandes áreas. Usando o exemplo da Figura 9, o número de *subpixels* da classe **A** é 3289 vezes a área de um *subpixel* (0,39063), resultando em uma área estimada de 1284.76 m^2, o que indica que estamos ajustando a um valor que espacialmente é mensurável e, portanto, mais preciso.

Conclusão

O estudo realizado teve por objetivo apresentar uma modificação do método de mapeamento de bordas proposto por GE *et al.*, (2006) para resolver os problemas de distribuição espacial de *subpixel* em estruturas mais complexas. Este objetivo foi alcançado, gerando ajustes que permitem que o algoritmo seja aplicado aos resultados de uma classificação suave em imagens de satélites disponíveis na atualidade.

Com base nas Figuras 4 e 5 e nas informações *subpixels* propostas, demonstrou-se que é possível diminuir em até 16 vezes a escala de um mapa temático, possibilitando uma melhoria em sua resolução espacial.

As 10 regras estabelecidas pelo método foram capazes de transformar um mapa temático de duas classes em um mapa 16 vezes mais detalhado, com base nos polígonos modelos, a partir

das frações calculadas em uma classificação *subpixel* ou mistura espectral.

O método demonstrou que é eficiente para o cálculo de área estimada em imagens de média e baixa resolução. Modificado e testado em uma imagem artificial com duas classes, comprovou-se que é uma técnica simples, robusta e confiável para a construção de mapas de super-resolução, e que é fácil de ser replicado para imagens reais de satélites, mediante a sua implementação em um *software*.

Para trabalhos futuros, recomenda-se:

1. Efetuar uma comparação com as informações dos *subpixels* de vários classificadores a fim de identificar quais informações de *subpixel* respondem melhor na prática; e,
2. Comparar o resultado de uma classificação tradicional de uma imagem de alta resolução com o de uma imagem de média resolução.

Referências

Adams J. B., Sabol D. E., Kapos V., Almeida F. R., Roberts D. A., Smith M. O., Gillespie A. R. (1995). Classification of multispectral images based on fractions of endmembers: Application to land-cover change in the Brazilian Amazon**. Remote sensing of Environment**. 52(2), 137-154.

Adams, J. B., Smith M. O., Gillespie A. R. (1993). Imaging spectroscopy: Interpretation based on spectral mixture analysis. Remote Geochemical Analysis. In: C. M. Pieters e P. A. J. Englert, Eds., Topics in **Remote Sensing**, v. 4, Cambridge University Press, p. 145-166.

Atkinson, P. M., Cutler, M. E. J., & Lewis, H. (1997). Mapping sub-pixel proportional land cover with AVHRR imagery. **International Journal of Remote Sensing**, 18(4), 917-935.

Atkinson P. M. (2001). Super-resolution target mapping from soft classified remotely sensed imagery. In: **Proc. of the 6th International Conference on Geocomputation**, Brisbane, University of Queensland. In: <http://www.geocomputation.org/2001/papers/atkinson.pdf>.

Atkinson P. M. (2005). Sub-pixel target mapping from soft-classified, remotely sensed imagery. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, 71(7), 839-846.

Cracknell, A. P. (1998). Synergy in remote sensing - what's in a pixel? **International Journal of Remote Sensing**, 19(11), 2025-2047.

Cross, A. M., Settle, J. J., Drake, N. A., Paivinen, R. T. M. (1991). Subpixel measurement of tropical forest cover using AVHRR data. **International Journal of Remote Sensing**, 12(5), 1119-1129.

Fisher, P. (1997). The pixel: A snare and a delusion. **International Journal of Remote Sensing**, 18, 679-685.

Foody, G. M., Muslin, A. M. and Atkinson, P. M. (2005). Super-resolution mapping of thewaterline from remotely sensed data. International **Journal of Remote Sensing**, 26, p. 5381-5392.

Ge, Y., Li, S., Li, D. (2006). New algorithm for sub-pixel boundary mapping. ISPRS Technical Commission II Symposium, Vienna. **International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing, and Spatial Information Sciences.** V. XXXVI – Part 2, p: 157-160. In: <http://www.isprs.org/proceedings/ XXXVI/part2/pdf/ge.pdf>.

Keshava, N., Mustard, J. F. (2002). Spectral unmixing. **IEEE Signal Processing Magazine**, 19(1), 44-57.

Kuckartz, J. (2007). Super resolution mapping using Markov random fields (Doctoral dissertation, B. Sc. Thesis), Univ. Twente, Enschede, The Netherlands.

Liu, Y., Zhang, H. H., & Wu, Y. (2011). Hard or soft classification? large-margin unified machines. **Journal of the American Statistical Association**, 106(493), 166-177.

Lu, D., Weng, Q. (2004). Spectral mixture analysis of the urban landscape in Indianapolis with Landsat ETM+ imagery. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing,** 70(9), 1053-1062.

Mertens, K., Verbeke, L. P. C., de Wulf, R. R. (2008). Sub-pixel mapping: A comparison of techniques. Ghent, Belgium, Ghent University. In: <http://www.earsel.org/symposia/2005-symposium-Porto/pdf/065.pdf>.

Muslim, A. M., Razman, N., Khalil, I., Zain, K., & Ismaila, K. I. (2011). Evaluation of soft classification algorithm for sub-pixel mapping of the shoreline. In **34th International Symposium**

on Remote Sensing of Environment. Sydney NSW Australia: International Society for Photogrammetry and Remote Sensing.

Nunes, S. S., Souza Jr., C. (2007). Avaliação de modelos de mistura de pixel para áreas urbanas. **XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 6885-6892. In: <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.13.18.11/doc/6885-6892.pdf>.

Roberts, D. A., Gardner, M., Church, R., Ustin, S., Scheer, G., Green, R.O. (1998). Mapping chaparral in the Santa Monica Mountains using multiple endmember spectral mixture models. **Remote Sensing of Environment**, 65, 267-279.

Silva, T. S. F., Lima, A., Fonseca, L. M. G., Novo, E. M. L. M., Ribeiro, M. C. (2007). Assessment of image restoration techniques to enhance the applicability of MODIS images on Amazon floodplain landscape studies. **Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto** (v. 1, p. 6969-6976). In: <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.23.11.20/doc/6969-6976.pdf>.

Shimizu, M.; Okutomi, M. (2002). Precise subpixel estimation on area-based matching. **Systems and Computers in Japan**, 33 (7), 1-10.

Smith, M. O., Adams, J. B., Gillespie, A. R. (1990). Reference endmembers for spectral mixture analysis. In **Proceedings of the 5th Australian Remote Sensing Conf.**, 1, 331-340.

Tatem, A. J., Lewis, H. G., Atkinson, P. M., Nixon, M. S. (2001). Super-resolution target identification from remotely sensed

images using a Hopfield neural network. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, 39(4),781-796.

Tatem, A. J., Lewis, H. G., Atkinson, P. M., Nixon, M. S. (2002). Super-resolution land cover pattern prediction using a Hopfield neural network. **Remote Sensing of Environment**, 79(1), 1-14.

Walton, J. T. (2008). Subpixel urban land cover estimation. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, 74(10), 1213-1222.

Espectrorradiometria aplicada à modelagem dos atributos químicos e físicos de argissolos em áreas de Caatinga no Município de Petrolina/PE

Camila Figueredo Oliveira
Washington Franca-Rocha
Taíse Bomfim de Jesus
Willian Moura de Aguiar
Vanderlise Giongo

Introdução

O conhecimento atual do solo é um fator extremamente relevante, por ser um recurso natural não renovável em curto prazo. Além disso, o solo desempenha funções essenciais para a funcionalidade e sustentabilidade do ambiente, ao garantir a produção de alimentos, fibras e matérias-primas diversas.

As informações das características físico-químicas e mineralógicas dos solos, através dos métodos tradicionais, são consideradas de alto custo e demoradas. Outro fator de grande importância é o acúmulo de resíduos produzidos pelos laboratórios, que podem contaminar o ambiente se não tiverem uma destinação adequada.

Estudos comprovam que são viáveis e apropriadas as alternativas de análise do solo através da utilização de novas tecnologias. Neste sentido, (Bellinaso *et al.,* 2010; Genú *et al.*, 2013 e Demattê e Terra, 2014) demonstraram a importância e a possibilidade de caracterizar os solos por sensores remotos ao nível terrestre (no campo ou laboratório).

Pesquisas sobre a aplicação da utilização da técnica de espectrorradiometria têm sido desenvolvidas em vários países. Desde então inúmeros trabalhos vêm demonstrando eficácia do método, o que pode ser comprovado através de trabalhos como os de Chang *et al.*, 2001; Dunn *et al.*, 2002; Shepherd e Walsh, 2002; Brown *et al.*, 2006; Viscarra-Rossel *et al.*, 2006 e Viscarra-Rossel *et al.*, 2008.

De acordo com Viscarra-Rossel *et al.,* (2008), a região do infravermelho médio possui maior potencial na quantificação de atributos químicos do solo. Esta pesquisa demonstrou que, nessa região, ocorrem vibrações dos componentes moleculares.

Os sensores terrestres são os principais responsáveis pela obtenção dos padrões espectrais "puros" dos solos. (Huete, 1996). O comportamento espectral do solo irá depender diretamente de sua composição química, física, biológica e mineralógica (Dalmolin, 2002). Assim, a análise da biblioteca espectral específica da área é de extrema importância.

Devido à complexidade dos dados, diversos estudos têm contribuído para o avanço de modelos matemáticos e programas computacionais (Viscarra-Rossel *et al.*, 2008).

Com efeito, a geoestatística incorpora tanto a distribuição estatística dos dados de amostra quanto a correlação espacial entre os dados da amostra (Petter, 2019). Vieira (2000) ressalta a necessidade de se avaliar a variabilidade espacial das amostragens de solo em campo por meio da análise geoestatística.

Segundo Santos (2020), a geoestatística dos solos possibilitou um aumento notável de pesquisas mundiais sobre temas conexos em diferentes países, entre 2007 e 2017.

Entretanto, no Brasil, a grande maioria dos estudos sobre comportamento espectral dos solos restringe-se às regiões de clima tropical, localizadas na parte central do país, e à região Sul, de clima temperado, sendo poucas as pesquisas direcionadas à região Nordeste, especificamente ao Bioma Caatinga, cujo clima é predominantemente semiárido.

Este estudo tem por objetivo quantificar os atributos de um mesmo solo com diversos tipos de uso, utilizando-se de dados de refletância obtidos em laboratório, pois a avaliação das alterações ocorridas em propriedades dos solos em função de seu uso e manejo assume grande importância prática. O entendimento das modificações ocorridas nas propriedades químicas e físicas, decorrentes de seu cultivo, pode fornecer elementos para a produção em bases sustentáveis (Costa *et al.,* 2008; Carneiro *et al.*, 2009).

Material e métodos

Esta pesquisa foi realizada na estação experimental da Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária (EMBRAPA) – Semiárido, localizada no município de Petrolina, PE (Figura 1).

Segundo a EMBRAPA (1999), o solo no qual foi realizado o estudo é classificado como ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Eutrófico com textura média muito cascalhenta/argilosa. O clima da região se enquadra como BSwh, segundo a classificação de Köppen, com temperatura e precipitação médias anuais em torno de 27ºC e 540 mm.

A Caatinga preservada (Fotografia 1 a -) foi uma propriedade de pequenos agricultores que utilizavam as adjacências com agricultura de subsistência (milho e feijão) e a criação de caprinos, ovinos e bovinos. Em 1974, a área foi desapropriada e, desde então, permaneceu cercada, sem intervenções antrópicas no seu ecossistema natural. Apresenta uma caatinga florestada composta de espécies nativas que corresponde a um tamanho aproximado de 400 hectares. Dentre as espécies que compõem essa parcela podem ser citadas: Umburana, Umbuzeiro, Burra Leiteira, Maniçoba, Caatingueira Rasteira, Jurema Preta, Baraúna (Leite, 2010).

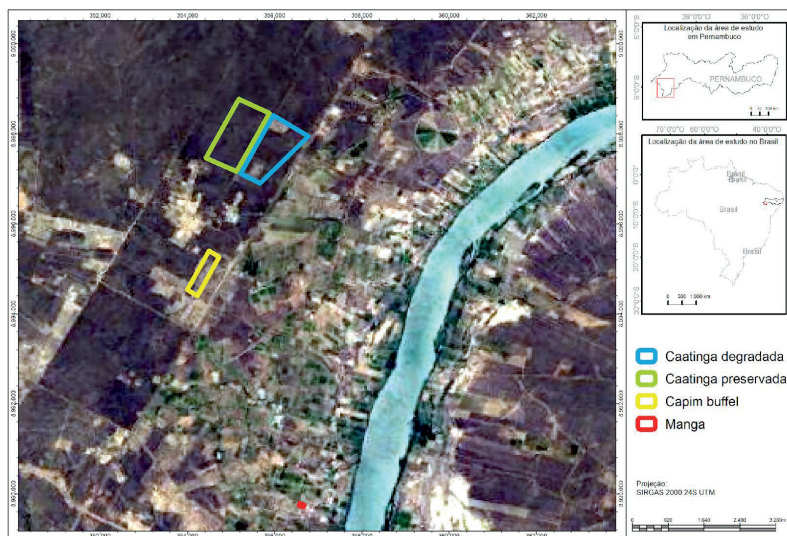



Figura 1 – Localização das parcelas experimentais na Embrapa Semiárido
Fonte: Imagem Google Earth

A Caatinga degradada (Fotografia 1 b -) foi uma área desmatada em 1983, onde se executaram queimadas, roçagem e capinas que se estenderam até 1989 para fins de utilização agropecuária. A área possui 76 hectares contendo atualmente algumas plantas colonizadoras e vegetação arbustiva, como a Jurema Preta, Mororó e Maniçoca. Houve o desmatamento, através, principalmente, de queimadas, para a inserção da cultura da Algaroba (***Prosopis juliflora***), segundo Leite (2010).

De acordo com Oliveira (1981), o capim Buffel é uma gramínea exótica, originária da África, que apresenta alto valor nutritivo.

A área de capim Buffel (Fotografia 1 c -) possui 30 ha, tendo sido implantada em 1977, após a retirada da vegetação nativa da Caatinga. Essa área, onde nunca houve aplicação de corretivos e fertilizantes de solo, foi conservada sobre um regime de sequeiro.

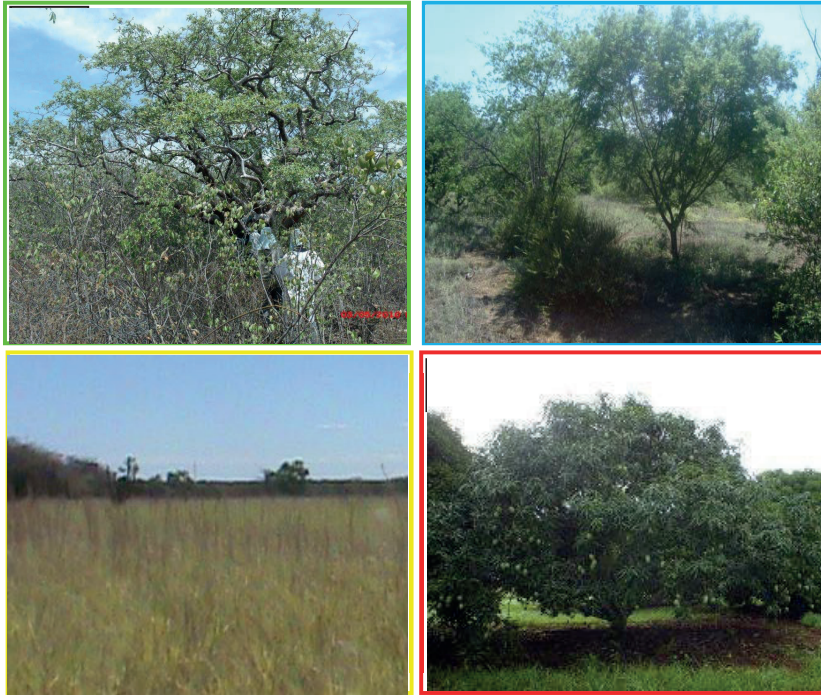



Foto 1 – Áreas de referência (a) Caatinga preservada, (b) Caatinga degradada, (c) Capim *buffel* (***Cenchrus ciliaris L.***) e (d) Manga (***Mangifera indica L.***)
Fonte: Dados do Autor

O cultivo de mangueira (Fotografia 1 d -) é uma área irrigada, possui 1 hectare e foi instalada em 2004. Lá, o desmatamento ocorreu em 1998 e no período de 1999 a 2004 foi usada com culturas anuais. É uma área-teste da Embrapa Semiárido para estudos das diversas linhas (Leite, 2010).

A cultura da manga, nessa região, tem se expandido consideravelmente, devido à proximidade do rio São Francisco. A mangicultura no Semiárido destaca-se no cenário nacional, não apenas pela expansão da área cultivada e do volume de produção, mas, principalmente, pela qualidade da fruta produzida.

Os locais das amostragens foram georreferenciados. As amostras de solos foram coletadas em profundidade de 0-20 cm

totalizando 120 amostras, sendo que nas parcelas de caatinga preservada, caatinga degradada e capim *buffel* foram selecionadas 32 amostras de cada área; e, na parcela de manga, obtiveram-se 24 amostras, por ter dimensão inferior às demais.

Uma parte das amostras do solo foi encaminhada para o Laboratório de Solo da Embrapa Semiárido, onde foram realizadas as análises físicas dos parâmetros (densidade de solo, densidade de partícula, porosidade e granulometria) e as análises químicas de pH, matéria orgânica (MO), fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mn), cálcio (Ca), alumínio (Al), hidrogênio mais alumínio (H+Al), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), soma bases (SB), capacidade de troca de cátion (CTC), saturação de bases (V) condutividade elétrica (C.E), sódio (Na).

Para a obtenção dos dados espectrais, as amostras de solo foram secadas em estufa a 45ºC por 24 horas, moídas e peneiradas (malha de 2 mm) para homogeneização dos efeitos da umidade e rugosidade. (Epiphanio *et al*., 1992).

As medidas espectrais foram realizadas no Laboratório de Espectrorradiometria do Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente (PPGM), da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), utilizando-se o espectrorradiômetro portátil *FieldSpec*® 3 *Hi-Res* (350-2500nm) / A100590, juntamente com *Hi-Brite Contact Probe*, uma sonda de alta intensidade de contatos.

Como padrão de referência, foi utilizada uma placa branca de sulfato de bário, avaliada como padrão de 100% de reflectância, de acordo com o certificado de calibração fornecido pelo fabricante, podendo ser considerada uma superfície aproximadamente Lambertiana ao longo dos comprimentos de onda utilizados. Assim, a razão entre o fluxo radiante espectral refletido pela superfície de uma amostra de solo e o fluxo radiante espectral refletido por um padrão de referência gera o fator de reflectância bidirecional espectral. A partir desse fator, são obtidas as curvas espectrais. Para cada amostra analisada, foram efetuadas 100

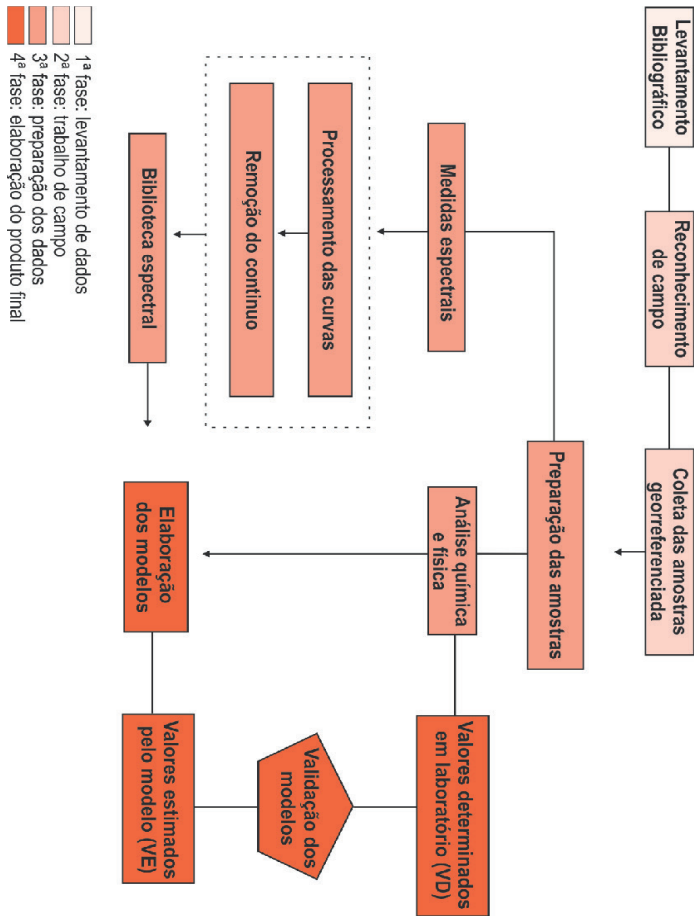
leituras. O valor utilizado foi aquele obtido da média das leituras.

Um microcomputador acoplado ao espectrorradiômetro armazenou as medidas radiométricas à proporção que estas foram sendo obtidas. Utilizou-se o software RS² (software de interface com o usuário) para converter as medidas de radiância das amostras de solos em fatores de reflectância e o *software ASD ViewSpecPro* para a conversão dos dados em formato texto. Em cada curva espectral registrada em laboratório foram definidas 22 bandas espectrais ou intervalos de comprimentos de onda de duas maneiras. A primeira refere-se à média dos valores de reflectância em um certo intervalo de comprimento de onda em diferentes pontos do espectro analisado (400-2500 nm).

Das 120 amostras do horizonte de superfície, 90 foram separadas aleatoriamente para gerar os modelos e as 30 restantes utilizadas para testar o modelo. O procedimento estatístico foi realizado com auxílio do software *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) versão 10.

Os dados foram submetidos às seleções das variáveis preditoras, com a finalidade de verificar a existência de potencial para o desenvolvimento dos modelos. A colinearidade das variáveis foi testada. Dessa forma, foi possível eliminar uma ou mais variáveis que atuavam concomitantemente na estimativa de um mesmo atributo. E ainda foram estabelecidas equações lineares de regressão múltipla para cada atributo do solo.

Na análise estatística, usou-se o teste *t* para amostras pareadas (BUSSAB & MORETIN, 2002), por se tratar de uma mesma amostra analisada duas vezes. Assim, para testar os modelos nas 30 amostras, foram realizadas as coletas espectrais, a partir das quais foram obtidos os valores estimados (VE) dos atributos do solo. Esses dados, por sua vez, foram comparados com os valores determinados (VD) no Laboratório de Solo da Embrapa, que obteve o (p), isto é, a diferença entre esses dois resultados. Esse teste foi aplicado às equações que apresentaram valores de r^2 maiores que 0,50.

Para melhor compreensão da metodologia descrita, foi elaborada uma sequência da pesquisa (Fluxograma 1) com as principais etapas desenvolvidas.

Fluxograma 1 – Metodologia adotada na pesquisa

Fonte: Elaboração pelos Autores

Resultados e discussão

As bandas e alturas-“chave” para a estimativa de cada atributo foram determinadas de acordo com Nanni e Demattê (2001). Foram selecionadas para os dados espectrais 22 bandas e 13 alturas (em nm): B 1: 420-480; B 2: 481; B 3: 481-596; B 4: 596-710; B 5: 710-814; B 6: 814-975; B 7: 975-1350; B 8: 1350-1417; B 9: 1417; B 10: 1417-1449; B 11: 1449-1793; B 12: 1793-1831; B 13: 1865-1927; B 14: 1927; B 15: 1927-2102; B 16: 2101-2139; B 17: 2139-2206; B 18: 2206; B 19: 2206-2258; B 20: 2258; B 21: 2258-2389; B 22: 2389-2498; H 1: 469-532; H 2: 532-768; H 3:768-876; H 4: 876-1353; H 5: 1353-1411; H 6: 1411-1439; H 7: 1439-1783; H 8: 1860-19238; H 9: 1923-2120; H 10: 2120-2206; H 11: 2206-2258; H 12: 2258-2389; H 13: 2389-2498.

Os resultados entre os atributos do solo estudados e sua reflectância para cada banda obtida pelo sensor *FieldSpec* denotam que as 22 bandas e 13 alturas perfazem um total de 35 variáveis.

As equações relacionadas aos atributos SB e V% necessitam de um elevado número de informações, porque se apresentam com o maior número de variáveis, 20, entre bandas e alturas (Tabelas 1 e 2).

Em contrapartida, a equação referente ao Al e a porosidade (Tabela 6) demonstraram um menor número de informação com apenas 9 variáveis. Segundo Ben Dor (2002), quanto menor o número de variáveis na estimativa de um atributo, mais fácil é sua aplicabilidade e menores os riscos de sobreposição de efeitos de bandas.

Para analisar os resultados encontrados, fez-se uma comparação entre os dados obtidos em outras pesquisas. Assim, ao analisar a matéria orgânica (MO), os trabalhos demonstraram uma diversidade existente entre os coeficientes de significância. De acordo com Ben-Dor e Banin (1995) e Demattê e Garcia (1999), seus trabalhos apresentaram coeficientes de 0,5 e 0,45, respectivamente, enquanto Demattê *et al.*, (2001a) e Nanni e Demattê (2001b) obtiveram r^2 de 0,79 e Coleman *et al.*, (1991), 0,68, menos significativos do que os obtidos neste trabalho (0.97).

A matéria orgânica influencia a reflectância ao longo do espectro, sendo que as melhores bandas para predição são dependentes do tipo de solo e também do sensor utilizado. Neste sentido, Montgomery (1976) elegeu a região do visível enquanto Beck *et al*., (1976) sugerem a região do infravermelho próximo às melhores para predição da MO no solo.

Tabela 1 – Equações de regressão múltipla para estimativa dos atributos químicos (MO, pH, K, D_solo) utilizando-se 22 bandas e 13 alturas

Atributo	Equação Múltipla [1]	r^2 [2]
MO[3]	8.94304 + 24087.01 * h10 + 31164.49 * h11 + 28327.23 * b20 + 4717.706 *h8+ (-49676.39) * h6 + (-23295.38) * b14 + (-1920.599) * h3 + (-8029792) * b11 + 39547.64 * b9 + 26348.06 * h9 + (-18409.67) * h7 + 258050.1 * b5 + (-143283) * b4 + 4025.819 * h12 (-2104.02) * h4	0.9720
pH[4]	4.45256 + (-141.0799) * h3 + (2107.831) * h7 (-1907.94) * h11 + (-2573.508) * b20 + (161810.9) * b17 + 2326.265 * h9 + (-2069.531) * b14 + (-1833.058) * h5 (695012.8) * b11 + (-7223.226) * b9 + (91131.92) * b8 + 16031.51 * b6 + 3456.792 * b5 + (-214.5993) * h4 + 2472.474 * h6 + 133.9439 * h13	0.9509
K[5]	(-0.2795259) + (-3369.609) * h10 + (-3911.45) * h11 + (-4181.546) * b20 + 40044.39 * b17 57912.74 * b16 + 1396.733 * h7 + 1838.752 * h6 + 422690.5 * b11 + (-2176.653) * b9 + (-12379.06) * b8 + 6114.767 * b6 + (-10253.47) * b5 + 7263.617 * b4 + (-133.4507) * h12 + 96.84647 * h13	0.9421
D_solo[6]	1.492219 + (-331.7774) * h5 + (-491.1907) * h10 + (-679.2877) * h11 + (-688.1109) * b2 + 08872.093 * b17 + (-2.492497) * h4 + 348.2187 * b14 + 3954.1 * b12 + (-27036.75) * b11 + (-532.0218) * b9 + 18488.63 * b8 + (-59.48732) * h8 + (-407.1354) * h9 + 113.7781 * b4 + (-28.27252) * h12 + 65.19588 * h7	0.9265

[1] B1...B22, h1...h13; respectivamente, bandas e alturas selecionadas; [2] Significante a 0,05% a 0,01% de probabilidade; [3] Matéria Orgânica; [4] pH determinado em cloreto de cálcio;[5] Potássio;[6] Densidade de solo.

Fonte: Elaboração pelos Autores

Tabela 2 – Equações de regressão múltipla para estimativa dos atributos químicos (C, SB, CTC, Na) utilizando-se 22 bandas e 13 alturas

Atributo	Equação Múltipla [1]	r^{2} [2]
C[3]	0.7543268 + 90566.95 * b17 + (-25974.7) * b16 + (-1093.645) * h11 + 14793.53* b12 + (-253587.1) * b11 + 922.659 * b9 + 56.7746 * h8 + (-15633.34) * b6 + 186.1237 * h4 + (-1340.561) * h6 + (-1377.46) * b20 + 195.6154 * h5	0.9156
SB [4]	3.894751 + 7916.24 * h7 + 7048.062 * h6 + 1718.099 * h5 + 2699.672 * h4 + 552.1929 * h3 + (-12665.9) * h10 + (-11772.69) * h11 + (-13819.78) * b20 + (-8699.584) * h9 + 99062.89 * b16 + 5321.995 * b14 + 147014 * b12 + 1058345 * b11 + (-7818.715) * b9 + (-3129.374) * h8 + (-150192.2) * b6 + (-177988.8) * b5 + 136905.9 * b4 + (-1125.118) * h12 + 603.7743 * h13	0.9130
CTC [5]	14.15858 + 1408.851 * h3 + 8764.573 * h5 + 11768.83 * h11 + 8596.478 * b20 + (-776039.7) * b17 + 298332.2 * b16 + (-2088.167) * b14 + 8296.889 * h7 + 2813932 * b11 + 11929.21 * h6 + (-317383.3) * b8 + (-402590.7) * b6 + (-174769) * b5 + 126718.9 * b4 + (-3602.157) * h12 + 5713.726 * h4	0.9073
Na[6]	(-0.2233267) + 56.65758 * h4 + 1522.536 * h7 + (-1592.315) * h10 + (-1520.96) * h11 + (-1668.47) * b20 + 2360.206 * h6 + 41192.94 * b16 + (-409.1756) * b14 + 930.4185 * h5 + 463593.1 * b11 + (-979.7937) * b9 + (-58993.4) * b8 + 427.358 * h9 + (-9243.18) * b5 + 6974.373 * b4 + (-104.279) * h12 + 60.83499 * h13	0.8971

[1)] B1...B22, h1...h13; respectivamente, bandas e alturas selecionadas; [(2)] Significante a 0,05% a 0,01% de probabilidade; [(3)] Carbono; [(4)] Soma de Bases; [(5)] Capacidade de troca catiônica; [(6)] Sódio.

Fonte: Elaboração pelos Autores

Tabela 3 – Equações de regressão múltipla para estimativa dos atributos químicos (V%, Ca, C.E. Mn) utilizando-se 22 bandas e 13 alturas.

Atributo	Equação Múltipla [1]	r^{2} [2]
V% [3]	(-1.410821) + 56299.35 * h7 + (-47618.7) * h8 + (-111880.3) * h5 + (-157179.5) * h9 + (-3153.105) * h3 + (-153180) * h10 + (-274439.6) * h11 + (-288062.6) * b20 + 8460964 * b17 + (-2519952) * b16 + 121091.5 * b14 + 2425075 * b12 + (-8942319) * b11 + (-219530.7) * b9 + 6382856 * b8 + 306659.2 * b6 + (-962601.7) * b5 + 842826 * b4 + 8143.275 * h12 + 8683.724 * h13	0.8842
Ca[4]	3.073078 + 6082.7 * b16 + (-2394.829) * b14 + 43676.61 * b12 + 1019.747 * h5 + 278.2166 * b9 + (-787.2154) * h10 + (-41878.42) * b6 + (-2263.581) * h8 + 2373.238 * b4 + (-1110.239) * h6 + 430.8347 * h4	0.8702
C.E[5]	(-0.2048182) + 2108.596 * h5 +481.9066 * h4 +84.23115 * h3 + (-3069.599) * h10 + (-2923.098) * h11 + (-3437.187) * b20 + (-93.11169) * h8 + 66429.08 * b16 + 4215.352 * h7 + 7036.629 * h6 + 1365522 * b11 + (-3971.134) * b9 + (-118946.5) * b8 + (-20055.5)* b6 +(-43786.68) * b5 + 33227.18 * b4 + (-297.745) * h12 + 123.1481 * h13	0.8603
Mn [6]	115.2606 +(-40136.6) * h11 + 104816.9 * h8 + 9052950 * b17 + (-6495658) * b16 + 160978.4 * b14 + (-772418.7) * b12 + (-1.65e+07) * b11 + 38794.62 * b9 + 369244 * b8 + 107809 * h10 + (-49252.17) * h9 + (-77446.37) * b4 + 34740.71 * h12 + (-19971.16) * h13	0.8541

[1] B1...B22, h1...h13; respectivamente, bandas e alturas selecionadas; [2] Significante a 0,05% a 0,01% de probabilidade; [3] Soma de Bases; [4] Cálcio; [5] Condutividade Elétrica; [6] Manganês.

Fonte: Elaboração pelos Autores

Tabela 4 – Equações de regressão múltipla para estimativa dos atributos químicos (H+Al, N, Fe e P) utilizando-se 22 bandas e 13 alturas

Atributo	Equação Múltipla [1]	r^2 [2]
H+Al [4]	7.051164 + 7714.849 * b20 + (-691990.1) * b17 + 344830.6 * b16 + (-5783.631) * b14 + (-74784.45) * b12 + 1215286 * b11 + 10052.18 * h11 + 590.6625 * h3 + (-216990.8) * b6 + 878.5016 * h5 + 3750.852 * h9 + (-3076.956) * h12 + 2522.444 * h4	0.8523
N[5]	0.058521 + (-190.1272) * b20 + 12.04969 * h8 + 3846.794 * b16 + 46.36975 * h6 + (-179.0183) * h11 + 12.76642 * h4 + 558.4346 * b9 + (-18732.08) * b8+ (-186.2502) * h10 + (-2060.426) * b5 + 1549.221 * b4 + 339.6451 * h5 + 14.17851 * h9	0.8503
Fe[6]	24.45743 + (-32739.95) * h7 + 128268.8 * h11 + 109609.6 * b20 + (-7274137) * b27 + 3927301 * b16 + (-128123.2) * b14 + (-43230.91) * h8 + 30569.96 * b9 + 2718.892 * h4 + (-74024.25) * b5 + (-61855.48) * h6 + 86263.54* h9 +11932.61 * h13	0.8477
P[6]	4.182835 + 1179.294 * h3 + (-67977.56) * h10 +(-64880.92) * h11 + (-61162.97) * b20 (7330.098) * h8 + (3114.489) * h4 + 62981.26 * b14 + (-57381.45) * h7 + (-1.87e+07) * b11 + (-53109.97) * h5 + (3675191) * b8 + (-107297.4) * h6 + (-467079.6) * b5 + (362030.6) * b4 + (-56091.65) * h9 + 3107.33 * h13	0.8320

[1] B1...B22, h1...h13; respectivamente, bandas e alturas selecionadas; [2] Significante a 0,05% a 0,01% de probabilidade; [3] Hidrogênio mais alumínio; [4] Nitrogênio; [5] Ferro; [6] Fósforo.

Fonte: Elaboração pelos Autores

Tabela 5 – Equações de regressão múltipla para estimativa dos atributos químicos (Mg, Zn, Porosidade e Cu) utilizando-se 22 bandas e 13 alturas.

Atributo	Equação Múltipla [1]	r^2 [2]
Mg[3]	1.46827 + 7116.851 * h6 + (-9924.944) * h9 + 2075.809 * h4 + 503.6795 * h3 + (-5086.935) * h10 + (-7499.564) * h11 + (-8844.104) * b20 + 134344.3 * b17 + (-108084.2) * b16 + 9848.192 * b14 + 74571.51 * b12 + 704509 * b11 + (-6819.293) * b9 54154.62 * b8 + (-114152.7) * b6 + (-137352.9) * b5 + 104017.7 * b4 + (-655.7858) * h1 2 + 5676.885 * h7	0.8163
Zn[4]	4.248798 + 2579.545 * h4 + 766.7099 * h3 + (-93871.41) * h5 + (-36165.76) * h11 + (-32072.07) * b20 + 2439002 * b17 + (-1556031) + b16 + 37339.46 * b14 + (-30003.8) * h7 + (-8921495) * b11 + (-115088.7) * b9 + 5825824 * b8 + (-205594.8) * b6 + (-36378.02) * h9 + (-20354.22) * b4 +3742.334 * h12 + (-64115.3) * h6	0.8131
Porosidade	39.10865 + (-66912.01) * b12 + 1097450 * b11 + 10957.14 * h9 + (-105994.1) * b8 + (-11194) * b14 + 1754.021 * h5 + 11350.56 * h10 + 11492.69 * b20 + 12937.64 * h11	0.8082
Cu [5]	1.315174 + 401.7703 * h3 + 9762.435 * h10 + (-4506.253) * h9 + 1160.953 * h4 + 653035.7 * b17 + (-481738.1) * b16 + 4955.856 * b14 + (-26431.19) * h5 + (-1845950) * b11 + (-35735.49) * b9 + 1629961 * b8 + (-89774.32) * b6 + (-6335.582) * h7 + (-9126.459) * b4 + 860.7843 * h12 + (-14342.33) * h6	0.8062

[1] B1...B22, h1...h13; respectivamente, bandas e alturas selecionadas; [2] Significante a 0,05% a 0,01% de probabilidade; [3] Magnésio; [4] Zinco; [5] Cobre.
Fonte: Elaboração pelos Autores

Tabela 6 – Equações de regressão múltipla para estimativa dos atributos químicos (Areia Total, Argila, Silte, Al e D_part) utilizando-se 22 bandas e 13 alturas

Atributo	Equação Múltipla [1]	r^{2} [2]
Areia Total	706.6372 + 156657.9 * h11 + 123868.4 * b20 + (-9086493) * b17 (-108393.2) * h6 (-446228) * h5 + 2658162 * b12 + (-161289.2) * h8 + (-775364.7) * b9 + 2.62e+07 * b8 + (-156589.7) * h9 + (-780756.6) * b5 + 835743.6 * b4 + (-33502.17) * h12 + 32908.84 * h13.	0.7289
Argila	60.91912 + (-6111504) * b17 + (-4386322) * b11 + 24761.96 * b9 + (-108821.4) * h10 + 3508827 * b16 + (-579999.6) * b5 + 590046.1 * b4 + (-66049.16) * h6 + (-13304.95) * h9	0.6056
Silte	212.2052 + 118238.9 * h8 + 404640.5 * h5 + (-2015474) * b12 + 67933.86 * h6 749763.3 * b9 + (-2.52e+07) * b8 + 65664.35 * h10 + 581190.2 * b5 + (-567548.7) * b4 + 115869.3 * h9 + 3586226 * b17	0.4962
Al[3]	8.94304 + 24087.01 * h10 + 31164.49 * h11 + 28327.23 * b20 + 4717.706 *h8+ (-49676.39) * h6 + (-23295.38) * b14 + (-1920.599) * h3 + (-8029792) * b11 + 39547.64 * b9 + 26348.06 * h9 + (-18409.67) * h7 + 258050.1 * b5 + (-143283) * b4 + 4025.819 * h12 (-2104.02) * h4	0.4295
D_part[4]	4.248798 + 2579.545 * h4 + 766.7099 * h3 + (-93871.41) * h5 + (-36165.76) * h11 + (-32072.07) * b20 + 2439002 * b17 + (-1556031) + b16 + 37339.46 * b14 + (-30003.8) * h7 + (-8921495) * b11 + (-115088.7) * b9 + 5825824 * b8 + (-205594.8) * b6 + (-36378.02) * h9 + (-20354.22) * b4 +3742.334 * h12 + (-64115.3) * h6	0.3702

[1] B1...B22, h1...h13; respectivamente, bandas e alturas selecionadas; [2] Significante a 0,05% a 0,01% de probabilidade; [3] Alumínio; [4] Densidade de partícula de solo.

Fonte: Elaboração pelos Autores

Ao analisar as tabelas 1, 2, 3, 4, 5 e 6 constatou-se que a predição de variáveis químicas, tais como Na, N, Ca, Mg, P, K, C e pH do solo, obtiveram coeficientes de grande expressão acima de 0,8. Ao comparar esses resultados com a literatura, verifica-se que Demattê e Garcia (1999) obtiveram valores menores que 0,4 para Ca. K. Thomasson *et al.,* (2001) observaram valores de r^2 baixos para algumas bases como 0,04 para potássio, 0,15 para magnésio e 0,21 para cálcio. Chang *et al.*, (2001) obtiveram valores considerados satisfatórios para os mesmos elementos, 0,75 para Ca, 0,55 para K e 0,68 para Mg. Dunn *et al.,* (2002) obtiveram um r^2 de 0,72 para K em solos da região do sul da Austrália.

Os elementos químicos Fe, Mg, Zn, e Cu apresentaram bons resultados com coeficientes r^2 acima de 0,8. As equações geradas para os atributos estruturais do solo, como areia total e argila, apresentaram coeficientes de determinação maiores que r^2 0.6, concordando com Coleman *et al*., (1991) e Demattê e Garcia (1999a), que encontraram o r^2 de 0,8 para argila e Nanni e Demattê (2001b) com r^2 de 0,91 para argila e 0,74 para areia na superfície.

De maneira geral, solos de textura arenosa tendem a apresentar maior reflectância, devido à sua constituição mineralógica rica em quartzo (RESENDE *et al.,* 2005) e ao fato de geralmente apresentarem baixos teores de matéria orgânica, óxidos de ferro e menores teores de água (Meneses e Madeira Netto, 2001). Neste sentido, solos argilosos, com granulometria mais fina refletem menos que os solos arenosos.

Coeficientes de determinação mais significativos que os obtidos no presente trabalho foram observados por Janik (1998) e Merry e Skjemstad (1998) com 0,94 para areia e Fiorio (2002) para solos da região de Barra Bonita (SP) com 0,85 para argila. Os elementos da análise física que apresentaram os maiores valores de r^2 foram a porosidade e a densidade de solo com $r^2 = 0,80$ e 0,92, respectivamente.

Para o silte foi obtido um r^2 de 0,49, considerado como não satisfatório. Porém, Demattê e Garcia (1999b) verificaram valores

de r^2 maiores que 0,33, enquanto Nanni e Demattê (2001b) obtiveram r^2 0,27 em superfície.

Os atributos S, CTC e V% apresentaram valores de r^2 elevados 0,91, 0,90, 0,88, respectivamente, concordando com Dunn *et al.*, ,(2002) e Nanni e Demattê (2001b), que obtiveram resultados r^2 maiores que 0,87 para SB e para CTC e Chang *et al.*, (2001), com valores de r^2 em torno de 0,81 para este mesmo atributo.

Os atributos Al e a densidade da partícula obtiveram valores considerados não significantes abaixo de 0.5. Os modelos empregados neste trabalho são empíricos. Neste caso, assume-se que a concentração de um dado constituinte do solo é proporcional a uma combinação linear das diversas intensidades de reflectância e feições de absorção.

As diferenças observadas no r^2 entre os resultados das constantes deste trabalho e as demais citadas na literatura podem estar relacionadas aos equipamentos utilizados com resoluções diferentes, como observado por Huete e Escadafal (1991).

Outro fator crucial é a determinação das bandas para elaboração dos modelos, uma vez que estes são muito influenciados pelo número de bandas e os comprimentos de onda selecionados.

Validação dos modelos

Para este procedimento foram selecionadas 30 amostras de solo. A partir dessas amostras foram geradas médias entre os valores estimados (VE) pelas curvas espectrais e os valores determinados (VD) no laboratório de análise de solo. Para comparar a igualdade entre as duas médias, fez-se o teste *t* de *Student paramétrico*.

A quantidade das amostras foi adequada para a aplicação do teste *t,* pois ele pertence à Teoria das Pequenas Amostras (Spiegel, 1970). Por essa teoria, assegura-se que, mesmo usando amostras pequenas, o tratamento estatístico é válido.

Após interpretar os gráficos 1, 2, 3 e 4, verificou-se que a utilização das equações para estimativa dos atributos do solo gerou valores estatisticamente diferentes entre VD e VE para Areia total, Mn, C.

Os resultados obtidos pelo teste *t* apresentados nos gráficos 1, 2 e 3 demonstram que os atributos do solo Ca, CTC, Cu, D_solo, Fe, H+Al, K, Mg, MO, N, Na, P, pH, porosidade, SB, V% e Zn apresentaram coeficientes significativos tanto nas equações como no teste *t*, ou seja, tais resultados permitem-nos considerar que não ocorreram diferenças entre as análises químicas e as obtidas por sensor.

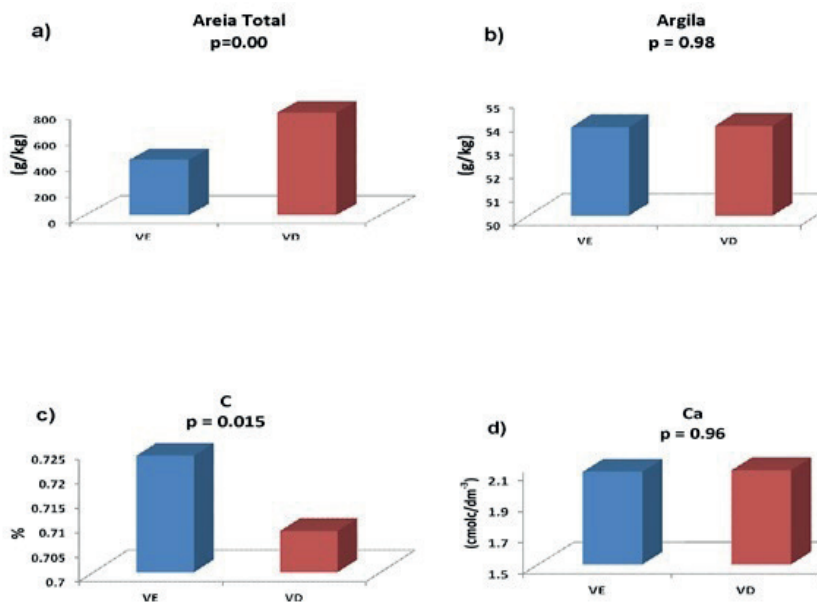



Gráfico 1 – Resultados do *teste t* entre os valores estimados e os determinados de: a) Areia Total; b) Argila; c) Carbono; d) Cálcio
Fonte: Elaboração pelos Autores

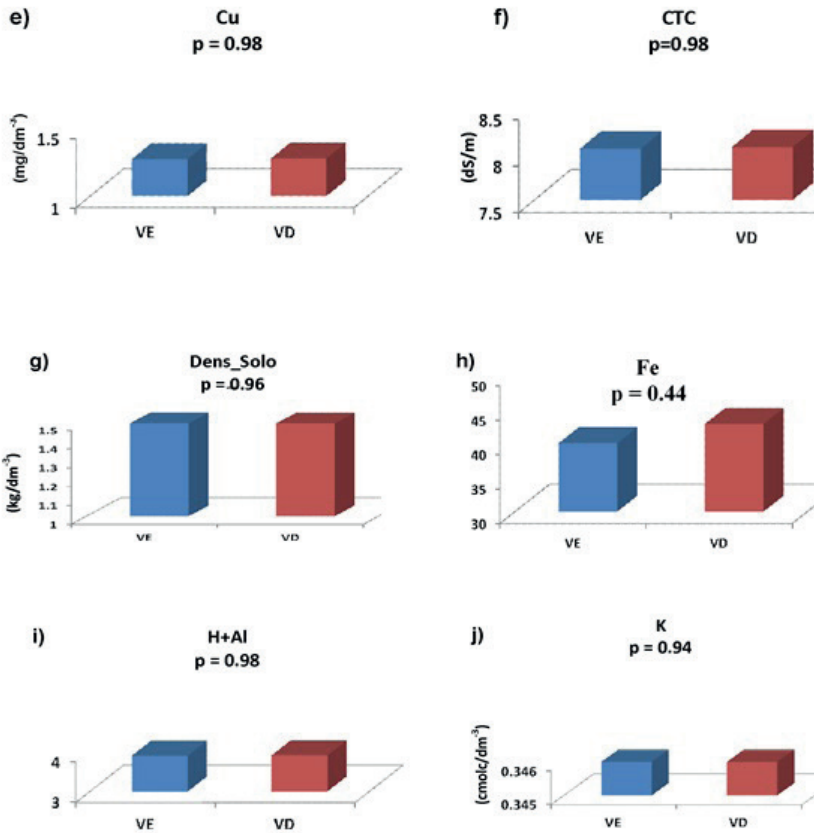



Gráfico 2 – Resultados do teste t entre os valores estimados e os determinados de: e) Cobre; f) Capacidade de troca catiônica. g) Densidade de solo; h) ferro; i) Hidrogênio mais alumínio; j) Potássio
Fonte: Elaboração pelos Autores

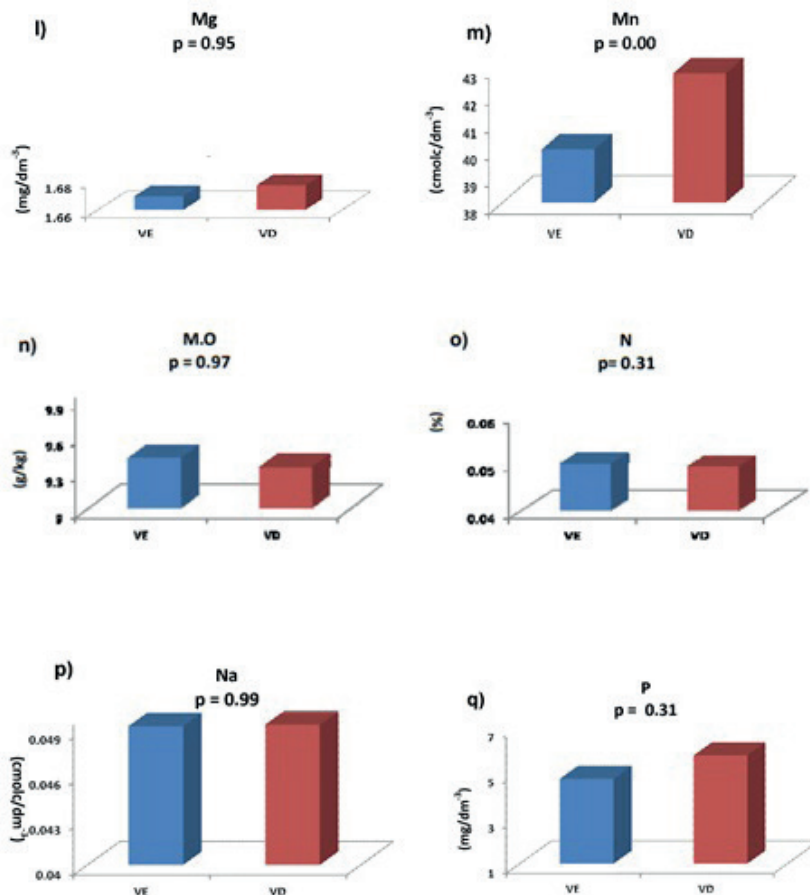



Gráfico 3 – Resultados do teste t entre os valores estimados e os determinados de: l) Magnésio; m) Manganês; n) Matéria Orgânica; o) Nitrogênio; p) Sódio; **q) Fósforo**
Fonte: Elaboração pelos Autores

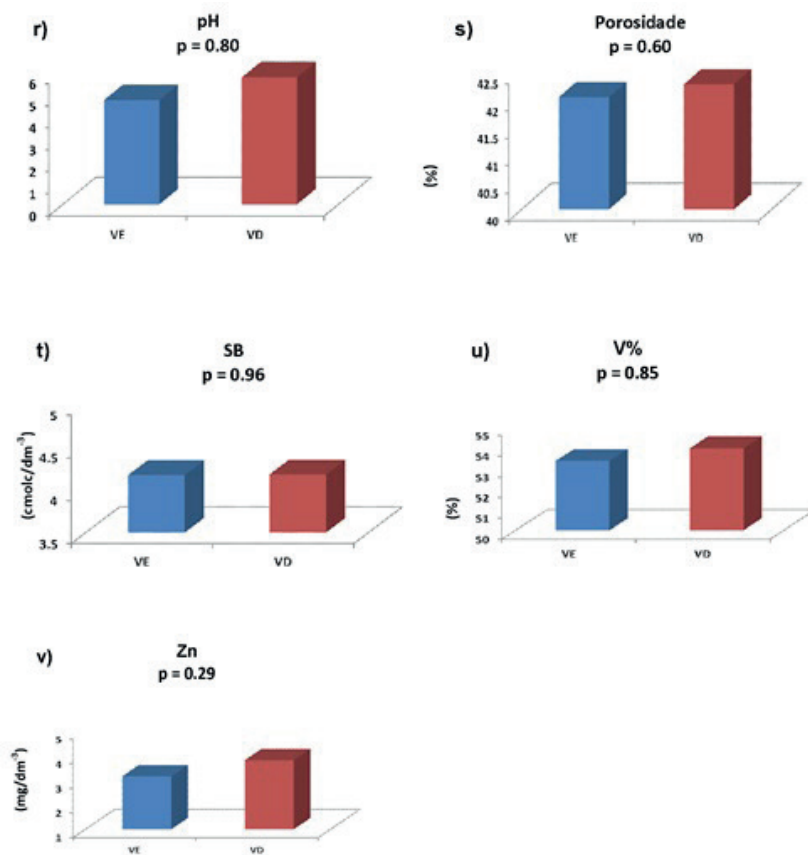



Gráfico 4 – Resultado do teste *t* entre os valores estimados e os determinados de: r) pH determinado em cloreto de cálcio; s) Porosidade.t) Soma de Bases; u) Saturação de bases; v) Zinco.

Fonte: Elaboração pelos Autores

Ao analisar os coeficientes encontrados nas equações e no teste *t* (Tabela 7), verificou-se que nem sempre as equações com coeficientes altos dão resultados positivos para esse teste. A areia, C e Mn obtiveram coeficientes significativos acima de 0.7 para as equações e não significativos para o teste *t*. Em contrapartida, observou-se que a argila apresentou um valor de 0.6 para a equação e 0.98 para o teste *t*. Tal fato demonstra a importância desse teste.

De acordo com o teste *t*, os modelos que tiveram coeficientes significativos poderão ser utilizados com o objetivo de fornecer informações do solo, como, por exemplo, o conhecimento dos teores de nutrientes disponíveis que orientam na formulação das recomendações mais acertadas para a adubação das plantas, evitando o desperdício e o uso inadequado de adubos e corretivos, que acarretariam prejuízo financeiro e ambiental.

Assim, os modelos validados nesta pesquisa poderão contribuir para o monitoramento periódico, que, usado adequadamente, poderá resultar em benefício para a preservação ambiental, além de ser uma ferramenta indispensável para orientar as práticas de uso e manejo do solo.

Além do que foi apresentado, as análises espectrais proporcionaram vantagens em relação aos custos das análises de solo e ao tempo para obtenção dos resultados. Segundo Souza (2005), apesar de o espectrorradiômetro ser mais caro que os equipamentos utilizados para fazer a análise tradicional, os custos com reagentes para a realização das análises químicas (macro e micro) e granulométricas para as análises tradicionais tornam esse método mais oneroso.

Em relação ao tempo, Souza (2005) calcula que, no método tradicional, os resultados ficam prontos com no mínimo 48 horas, enquanto o sensor precisa apenas de dez minutos para obtenção dos resultados e pouca mão de obra.

Tabela 7 – Comparação entre os coeficientes de significância da equação e do teste *t*

Atributo	$r^{2\ (21)}$	PR [21]
A_Total[1]	0.7289	0.0000
Argila	0.6056	0.9884
C[2]	0.9156	0.0153
Ca[3]	0.8702	0.9604
C.E[4]	0.8603	0.2786
CTC[5]	0.9073	0.9768
Cu [6]	0.8062	0.9804
D_solo[7]	0.9265	0.9642
Fe [8]	0.8477	0.4436
H+Al [9]	0.8523	0.9847
K[10]	0.9421	0.9421
Mg[11]	0.8163	0.9533
Mn[12]	0.8541	0.0000
MO[13]	0.9720	0.9716
N[14]	0.8503	0.000637
Na[15]	0.8971	0.9973
P[16]	0.8320	0.3137
pH[17]	0.9509	0.8089
Porosidade	0.8082	0.6021
SB[18]	0.9130	0.9683
V%[19]	0.8842	0.8596
Zn[20]	0.8131	0.2911

1) Areia Total; (2) Carbono; (3) Cálcio; (4) Condutividade Elétrica; (5) Capacidade de troca catiônica; (6) Cobre; (7) Densidade de solo; (8) Ferro; (9) Hidrogênio mais alumínio; (10) Potássio; (11) Magnésio; (12) Manganês; (13) Matéria Orgânica; (14) Nitrogênio; (15) Sódio; (16) Fósforo; (17) pH determinado em cloreto de cálcio; (18)Soma de Bases; (19) Saturação de bases; (20) zinco. (21) Significante a 0,05% a 0,01% de probabilidade

Fonte: Elaboração pelos Autores

Assim, o diagnóstico pode ser dado em tempo real, possibilitando a aplicação simultânea de fertilizantes da nova correção ou adubação para fornecer os nutrientes necessários. Dessa forma, através da espectrorradiometria podem ser realizadas muito mais análises em um mesmo período sem a utilização de reagentes químicos, não havendo destruição das amostras e produção de resíduos que possam vir a contaminar o ambiente.

Porém, deve haver cautela quanto à interpretação e ao entendimento dos resultados, porque nas análises química e granulométrica já existe todo um conceito básico sobre o assunto e como estes podem ser utilizados de modo mais abrangente, o que ainda não ocorre nas análises espectrais.

Conclusão

Na busca de métodos para as pesquisas sobre a estimativa de atributos dos solos a partir do sensoriamento remoto, foram realizadas diversas metodologias pelos pesquisadores, o que dificulta explicar os diferentes resultados.

De forma geral, os coeficientes de determinação para elementos químicos foram mais altos do que os citados na literatura. Tal fato pode ser explicado pelo número de amostras aqui utilizado, o qual foi menor do que os empregados nos outros trabalhos, além de se tratar de um mesmo tipo de solo, o que causa pouca variabilidade nos seus atributos químicos, físicos e mineralógicos, proporcionando uma possível concentração de pontos em torno da média, aumentando o r^2.

Quando há correlação entre dois atributos, é possível o uso de informação de um atributo para predizer informações sobre outro atributo correlacionado. Assim, foi possível gerar equações de regressão múltipla com coeficientes de determinação elevados

para atributos físicos e mineralógicos de solos, a partir de um pequeno número de amostras.

Os valores semelhantes entre os VE e os VD mostram que a metodologia aqui proposta apresentou bons resultados para Argila, Ca, C.E, Cu, CTC, Fe, Dens_solo, H+Al, K, P, K, Mg, MO, N, Na, S_bases, pH, V%, Porosidade, Zn. Por outro lado, os atributos tais como Areia total, Mn, C, não apresentaram valores significativos.

A utilização de equações lineares de regressão múltipla, determinadas por sensor em laboratório, como meio para quantificação de atributos do solo, mostrou-se eficiente, obtendo 76 % de acerto. Porém, mais pesquisas devem ser realizadas para que esta técnica seja aprimorada.

A necessidade de aumento de produtividade agronômica aliada à qualidade ambiental ressalta o papel de estudos voltados ao uso do solo, principalmente no Bioma Caatinga, onde se verifica descaracterização das condições ambientais e das paisagens naturais.

Assim, para a realização desta pesquisa utilizou-se a espectrorradiometria na elaboração de metodologias que viabilizam a análise do solo através de métodos práticos, os quais estimam rapidamente, de maneira eficiente e sem prejudicar o meio ambiente e as propriedades do solo.

As aquisições dos resultados obtidos a partir das análises químicas e físicas foram essenciais para compreender as curvas espectrais, além de gerar e validar os modelos utilizando métodos estatísticos como a regressão linear múltipla e o teste *t* pareado.

A metodologia empregada neste estudo mostrou-se de grande valia na quantificação de atributos do solo, e poderá ser utilizada como base teórica para a elaboração de novas pesquisas no mesmo âmbito.

Os dados obtidos contribuem para o melhor entendimento de possíveis alterações nas características do solo com diversos

tipos de uso, fornecendo subsídios para a melhoria da qualidade do solo em áreas de Caatinga. Também podem ser utilizados para estabelecer estratégias de manejo que ajudem a promover sustentabilidade ambiental.

Devido a algumas dificuldades encontradas para realização deste trabalho recomenda-se uma acessibilidade às bibliotecas espectrais já elaboradas, as quais não estão disponibilizadas na internet.

No decorrer da pesquisa notou-se que os trabalhos citados utilizaram espectros diferentes. Assim, torna-se indispensável uma comparação entre os diversos espectrorradiômetros com resoluções diferentes, utilizados nas várias pesquisas. Isto para que haja uma comparação segura entre os estudos realizados.

Referências

Baptista, G. M. M. (2006). *Sensoriamento remoto espectral*: o novo paradigma nos estudos de solos tropicais. Brasília: Universa.

Ben-Dor, E.; Banin, A. (1995). Near-Infrared analysis (NIRA) as a rapid method to simultaneously evaluate several soil properties. **Soil Science Society of America Journal**, 59:364-372.

Bellinaso, H., Demattê, J. A. M., & Romeiro, S. A. (2010). Soil spectral library and its use in soil classification. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 34:861-870.

Bronick, C. J. & Lal, R. (2005). Soil structure and management: a review. **Geoderma,** 124: 3-22.

Brown, D. J.; Shepherd, K. D.; Walsh, M. G.; Mays, M.D.; Reinsch, T. G. (2006). Global soil characterization with VNIR diffuse reflectance spectroscopy. **Geoderma,** 132:273-290.

Bussab, W. O.; Morrettin, P. A. (2002). *Estatística b*ásica. 5. ed. São Paulo: Saraiva.

Caires, E. F., Chueiri, W. A., Madruga, E. F. e Figueiredo, A. (1998). Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 22:27-34.

Carneiro, M. A. C.; Souza, E. D.; REIS, E. F., Pereira, H.S. & Azevedo, W.C. (2009). Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, **33**:147-157.

Camargo, A. O.; Moniz, A. C.; Jorge, J. A.; Valadares, J. M. A. S. (1986). Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas. (Boletim Técnico, 106). Campinas, p. 94.

Chang, C. W., Laird, D. A., Mausbach, M. J., Hurburgh Jr, C. R. (2001). Near-infrared reflectance spectroscopy – principal components regression analyses of soil properties. **Soil Science Society of America Journal**, 65:80-490.

Coleman, T. L. e Montgomery, O. L. (1987). Soil moisture, organicmatter and iron content effect on the spectral characteristics of selected vertisols and alfisols. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Falls Church**, 53:1659-1663.

Costa, F. S., Bayer, C., Zanatta, J. A. e Mielniczuk, J. (2008). Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:323-332.

Dalmolin, R. S. D. (2002) *Matéria orgânica e características físicas, químicas, mineralógicas e espectrais de Latossolos de diferentes ambientes.* (2002). Tese (Doutorado em Ciência do Solo – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 151.

Demattê, J. A. M. (1995). *Relações entre dados espectrais e características físicas, químicas e mineralógicas de solos desenvolvidos de rochas eruptivas*. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 265 p.

Demattê, J. A. M. e Garcia, G. J. (1999a) Alteration of soil properties through a weathering sequence as evaluated by spectral reflectance. **Soil Sci. Am. J.** 63:327-342.

Demattê, J. A. M. e Garcia, G. J. (1999b) Avaliação de atributos e Latossolo Bruno e de Terra Bruna Estruturada da região de Guarapuava, por meio de sua energia refletida. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 23:343-355.

Demattê, J. A. M., Demattê, J. L. I., Camargo, W.P., Fiorio, P.R. e Nanni, M.R. (2001c). **Sci. Remote Sens**, 38:79-102.

Demattê, J. A. M. & TERRA, F. S. (2014d). Spectral pedology: A new perspective on evaluation of soils along pedogenetic alterations. **Geoderma**, 217–218:190-200.

Dunn, B. W., Beecher, H. G., Batten, G. D. e Ciavarella, S. (2002) The potential of near-infrared reflectance spectroscopy for soil analysis – a case study from the Riverine Plain of south-eastern Australia. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, 42:607-614.

Fiorio, P. R. (2002). Dados radiométricos obtidos nos níveis terrestre e orbital na avaliação de solos. Tese (Doutorado em Agronomia), ESALQ-USP, Piracicaba p. 198.

Formaggio, A. R.; Epiphanio, J. C. N.; Valeriano, M. M. e Oliveira, J. B. (1996) Comportamento espectral (450-2450 nm) de solos tropicais de São Paulo. **Revista Ciência do Solo**, *Campinas*, 20:467-74.

Huete, A. R. e Escadafal, R. (1991) *Assessment of biophisical soil properties through spectral decomposition techniques.* **Remote Sensing of Environment**, 35:159-165 1991.

Janik, L. J.; Merry, R. H. e Skjemstad, J. O. (1998) Can mid infrared diffuse reflectance analysis replace soil extractions? **Australian Journal of Experimental Agriculture**, 38:681-696.

Leite, L. F. C., Petrese, V. G., & Sagrilo, E. (2010). Sequestro de carbono em solos da região semiárida brasileira estimado por modelo de simulação em diferentes sistemas produtivos. ICID+18: Conferência Internacional – Sustentabilidade e Desenvolvimento em Regiões Semiáridas, 11. Disponível em: <http://www.icid18.org/files/articles/664/1279558455.pdf>.

Nanni, M. R. e Demattê, J. A. M. (2001). Quantification and discrimination of soils developed from basalt as evaluated by

terrestrial, airborne and orbital sensors (compact disc). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTOREMOTO, 10. Foz do Iguaçu. Anais. São José dos Campos: INPE, p.1441-1449.

Nanni, M. R. e Demattê, J. A. M. (2001a) Is it possible estimate physical-chemical soil attributes by using laboratory and orbital sensors? In*: International conference of geospatial information in agriculture and forestry*. Denver: Proceedings. Colorado.

Petter, R. L., (2019). *Análise geoestatistica de aspectos espectrais-biofisicos e sua relação com a produtividade da cultura da soja.* Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade de Passo Fundo, RS. 296 p.

Santos J. J., Franca-Rocha W. J. S., Baptista G. M. M., Souza D. T. M., Silva A. B. e Santos S. M. B. (2020). Análise bibliométrica da espectrorradiometria e geoestatística de solos: uma discussão em 10 anos. **Revista Geociências**, 38:1097–1104.

Shepherd, K. D. e Walsh, M. G. (2002) Development of reflectance spectral libraries for characterization of soil properties. **Soil Science Society of America Journal**, 66:988-998.

Spiegel, M. R. (1970). *Estatística.* Rio de Janeiro: McGraw-Hill do Brasil, p. 580.

Sousa Junior, J. G. A. (2005). Sensoriamento remoto e sistema de informações geográficas na caracterização de solos e quantificação de seus atributos. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, p. 155.

Thomasson, J. A.; Sui, R., Cox, M. S. e AL-Rajehy, A. (2001). Soil reflectance sensing for determining soil properties in precision agriculture. **Transactions of the ASAE**, 44:445-1453.

Viscarra R, R., Walvoort, D. J. J., Mcbratney, A. B., Janik, L. J. e Skjemstad, J. O. (2006). Visible, near infrared, mid infrared or combined diffuse reflectance spectroscopy for simultaneous assessment of various soil properties. **Geoderma**, Amsterdam, 31: 59-75.

Viscarra. R, R. A. (2008). Parles: Software for chemometric analysisof spectroscopic data. **Chemometrics Intelligent Laboratory Systems**, Amsterdam, 90:72-83.

Vieira, S. R. (2000). Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V., V.H. & SCHAEFER, G. R., eds. Tópicos em ciência do solo. Viçosa. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 1:1-54.

Processamento de séries multitemporais de imagens para mapeamento da cobertura e uso das terras em área complexa do bioma Caatinga

Fabiane Souza Lima Medeiro
Jocimara Souza Britto Lobão
Rodrigo Nogueira de Vasconcelos

O sensoriamento remoto tem um papel fundamental para obtenção de informações sobre o uso e cobertura da terra em diferentes escalas espaciotemporais. Atualmente, é uma das principais fontes de detecção de mudanças naturais e antrópicas (MONTEIRO, 2015).

Com os avanços tecnológicos na área do sensoriamento remoto nos últimos anos, a evolução dos sensores de imageamento e o aumento do poder computacional tornou-se efetivamente possível processar grande quantidade de dados orbitais em pouco tempo se comparado aos métodos tradicionais de classificação de imagens (KENNEDY *et al.*, 2014).

Por exemplo, Hansen *et al.,* (2013), buscando identificar as mudanças na cobertura florestal no mundo todo entre os anos de 2000 e 2012, utilizaram mais de 650.000 cenas *Landsat* 7, o equivalente a 20 trilhões de *pixels* e 707 *terabytes* de dados. Para isto, 10.000 mil computadores foram utilizados para processar em paralelo, reduzindo o tempo de tarefa em 100 horas. Essa mesma tarefa, em uma única unidade de processamento, levaria mais 20 anos para ser finalizada (DONG *et al.,* 2016; JOHANSEN *et al.*, 2015).

Isto só foi possível porque, em 2010, o Google revolucionou o campo das análises geoespaciais ao lançar a plataforma Google

Earth Engine (GEE). O sistema é baseado em computação em nuvem e projetado para permitir que *petabyte* de dados para análise geoespacial sejam processados em menor tempo, oferecendo uma plataforma integrada para analisar dados de sensoriamento remoto (GORELICK *et al.,* 2017).

O GEE fornece um ambiente de programação JavaScript e Python, com uma ampla gama de algoritmos para executar análises geoespaciais remotamente nos computadores do Google. Inclui também um enorme catálogo de dados espaciais pré-processados e disponíveis gratuitamente (XIONG *et al.,* 2017; ALONSO *et al*., 2016; DONG *et al*., 2016; GORELICK *et al*., 2017).

Outras características do GEE: a disponibilidade de conjuntos de ferramentas e algoritmos específicos associados ao processamento digital de imagens e classificação, como os algoritmos baseados em aprendizagem de máquina, a exemplo do *Random Forest (RF), o Support Vector Machine (SVM), Classification and Regression Trees (Cart),* entre outros (GORELICK *et al*., 2017).

Nos últimos anos, os algoritmos baseados em aprendizagem de máquina (*machine learning*) ganharam grande atenção em aplicações baseadas em sensoriamento remoto (NOI; KAPPAS, 2018). No Brasil, ela tem sido fortemente explorada por diversos grupos que atuam nesse campo, a exemplo do Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais (INPE) e, mais recentemente, da equipe do Projeto Mapbiomas (<mapbiomas.org>).

Comparado aos outros algoritmos de aprendizagem em máquina, o *random forest e o support vector machine* têm demonstrado bom desempenho na classificação de imagens (SOUZA, 2016; SOTHE, 2017; GISLASON, 2005; LI *et al*., 2014; PELLETIER *et al*., 2016; GALIANO *et al.,* 2012). A aprendizagem de máquina insere-se em uma área do conhecimento denominada inteligência artificial, que tem por objetivo desenvolver métodos e ferramentas capazes de construir conceitos a partir de amostras de dados. Assim, esses algoritmos empregam a técnica de indução a partir do conjunto de treinamento para prever a classe correta

para novas entradas não apresentadas previamente (LORENA; CARVALHO, 2007).

O algorítimo *random forest*, proposto por Breiman (2001), cria várias árvores de decisão, que se assemelham à estrutura de um fluxograma com "nós" onde uma condição é verificada e, se atendida, o fluxo segue por um ramo, caso contrário, por outro, sempre levando ao próximo nó, até a finalização da árvore. Cada árvore é construída a partir de um conjunto de variáveis aleatórias de entrada e seus resultados são combinados através de um processo de votação (*bagging*), onde cada árvore sugere um voto para a classe que julga ser a correta. A classificação final ocorre através da classe mais votada (GISLASON *et al.*, 2005).

O *support vector machine* foi desenvolvido por Vapnik, em 1995, e fundamenta-se na teoria de aprendizado estatístico (LORENA; CARVALHO, 2007). O objetivo do classificador é gerar limites de decisão que determinem a separação ótima das classes. Assim, a partir de um conjunto de dados de entrada, o classificador prediz, por meio de um hiperplano de separação para cada entrada dada, de qual de duas possíveis classes o dado de entrada faz parte. Para dados linearmente separáveis, é gerado um hiperplano usando a maior margem possível de separação entre as classes. Para classificação de dados não lineares o classificador usa a função *Kernel*, que mapeia do espaço original para outro de alta dimensão chamado de espaço de característica, no qual os dados podem ser separados por meio de um hiperplano, tornando os dados linearmente separáveis (RUFINO *et al.*, 2016).

Embora existam outros estudos sobre aplicação e performasse destes classificadores, ainda é raro encontrar na literatura trabalhos capazes de avaliar o desempenho de classificadores como o *random forest e support vector machine* para o mapeamento em série multitemporal do uso e cobertura da terra em ambientes com forte sazonalidade e de alta heterogeneidade espaciotemporal e com ecótonos bem definidos, como os presentes no semiárido

baiano do Nordeste do Brasil (SOUZA *et al.*, 2010; GALIANO *et al.*, 2012; SOTHE *et al.*, 2017).

Dentre os diferentes ambientes tropicais, o Bioma Caatinga, que predomina em quase toda a região semiárida brasileira, destaca-se em função da alta sazonalidade climática e necessidade de informações úteis à conservação dos ecossistemas (TABARELLI *et al.*, 2000; LEAL *et al.*, 2003). Diante disto, o presente estudo tem por objetivo comparar o desempenho dos classificadores *random forest e support vector machine* para o mapeamento do uso e cobertura da terra numa área complexa de Caatinga na região semiárida da Bahia, em escala multitemporal de 2000 a 2016.

Materiais e métodos

Área de estudo

A área de estudo definida foi a carta Jacobina SC.24-Y-C, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), na escala 1:250.000 do sistema internacional ao milionésimo, definida pelas coordenadas 40º30'-42º00' longitude W e 11° 00'-12 00' latitude S. Está inserida em uma região semiárida, localizada na parte centro-oriental do estado da Bahia, mais precisamente no norte da Chapada Diamantina (Figura 1).

Abrange total ou parcialmente os municípios de Mundo Novo, Jacobina, Tapiramutá, Piritiba, Miguel Calmon, Jacobina, Várzea Nova, Morro do Chapéu, Bonito, Mulungu do Morro, Souto Soares, Barro Alto, Canarana, Cafarnaum, Ibititá, Lapão, América Dourada, Irecê, João Dourado, Presidente Dutra, São Gabriel e Jussara.

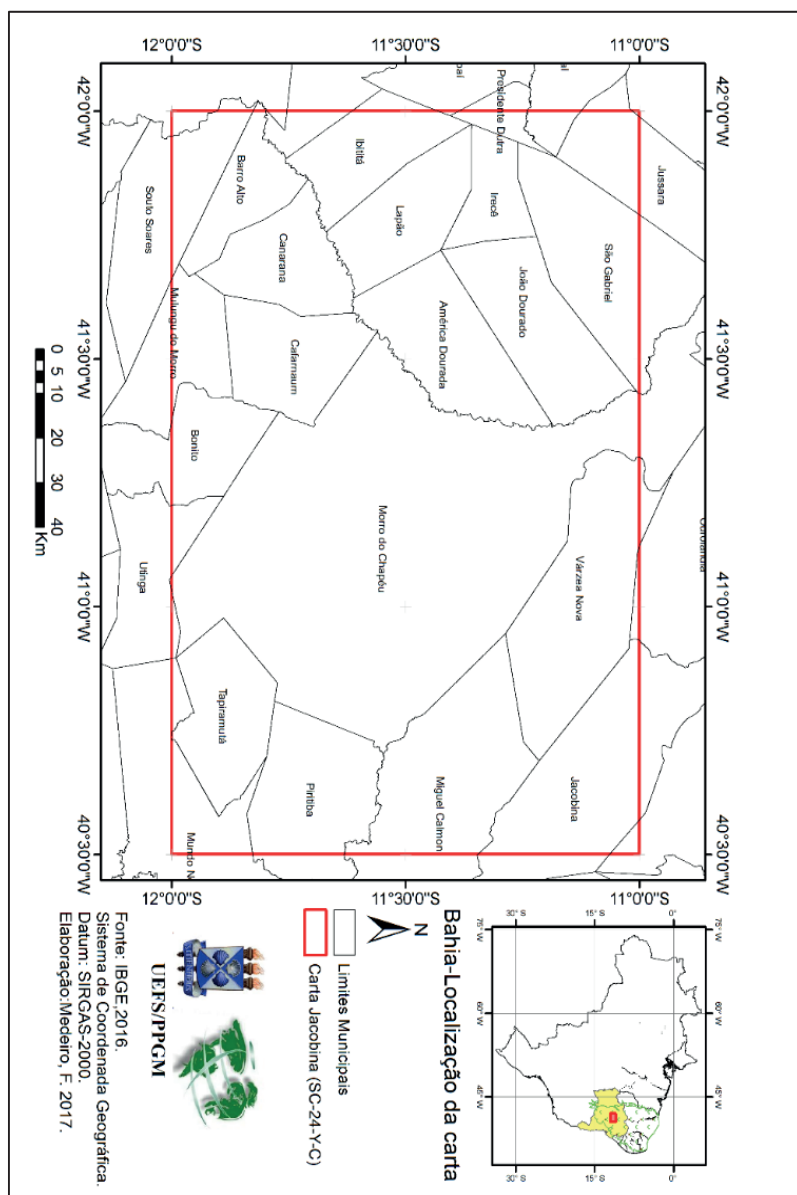



Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo

A tipologia climática desta área de estudo, em função das diferenças orográficas e da atuação dos principais sistemas meteorológicos do estado da Bahia, pode ser subdividida em diferentes subtipos, que variam entre seco, subúmido, tropical semiúmido e semiárido (AZEVEDO e SILVA, 2000).

No município de Morro do Chapéu, localizado no centro da carta, predomina o clima tropical semiúmido, com temperaturas inferiores a 22ºC (SAMPAIO *et al.*, 2001) e as precipitações variam de 400 mm nas áreas de sotavento a 1.300 mm nas áreas de barlavento (LOBÃO, 2012). Na serra de Jacobina, o clima é do subtipo tropical semiúmido, com temperaturas médias de 20º a 26ºC e precipitações anuais variando entre 750 e 1.100 mm (SAMPAIO *et al.*, 2001). Em Irecê, na porção oeste da carta, o clima é semiárido quente com temperaturas médias em torno de 22°C e pluviosidade de 582 mm anuais (BARBOSA, 2000).

Estas variações na temperatura e precipitação são influenciadas principalmente pela variabilidade altimétrica da região (Figura 2), que apresenta desníveis topográficos que variam de 400 m nas áreas mais planas até 1.300 m de altitude nas áreas mais elevadas.

As maiores altitudes são encontradas na região central, variando de 900 a 1.300 m, onde são registradas as menores temperaturas caracterizando o clima tropical de altitude. Nas áreas a oeste, onde a altitude varia de 700 a menos de 900 m é encontrado o clima semiárido e, na porção leste, o tropical semiúmido favorecido pelas chuvas orográficas. Esta barreira orográfica, além de proporcionar diferenças bruscas de temperatura e precipitação, também condiciona uma grande heterogeneidade de espécies vegetais (AZEVEDO e SILVA, 2000).

A barlavento predominam espécies de floresta estacional e a sotavento espécies de caatinga arbórea arbustiva se adensam com as de cerrado, formando ecótonos e encraves com áreas de transição muito complexas (FRANÇA *et al.*, 2013), como se observa na Figura 3.

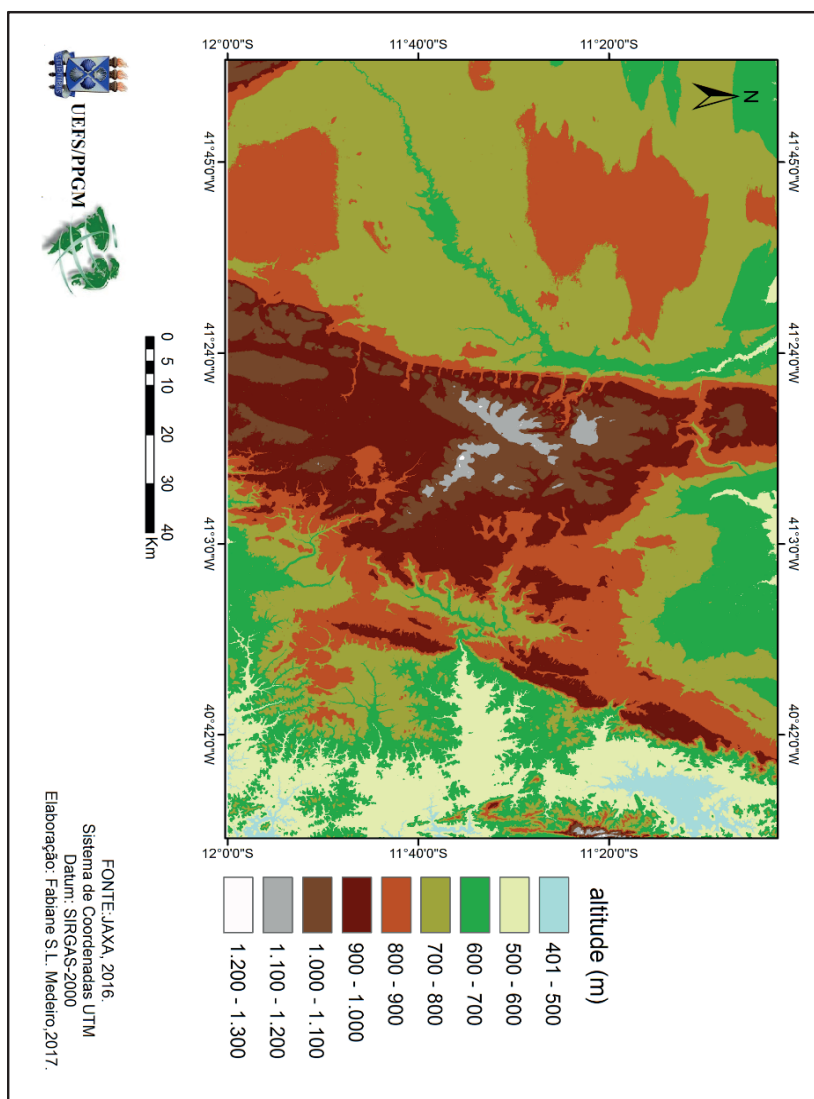



Figura 2 – Mapa de altimetria da carta Jacobina SC.24-Y-C

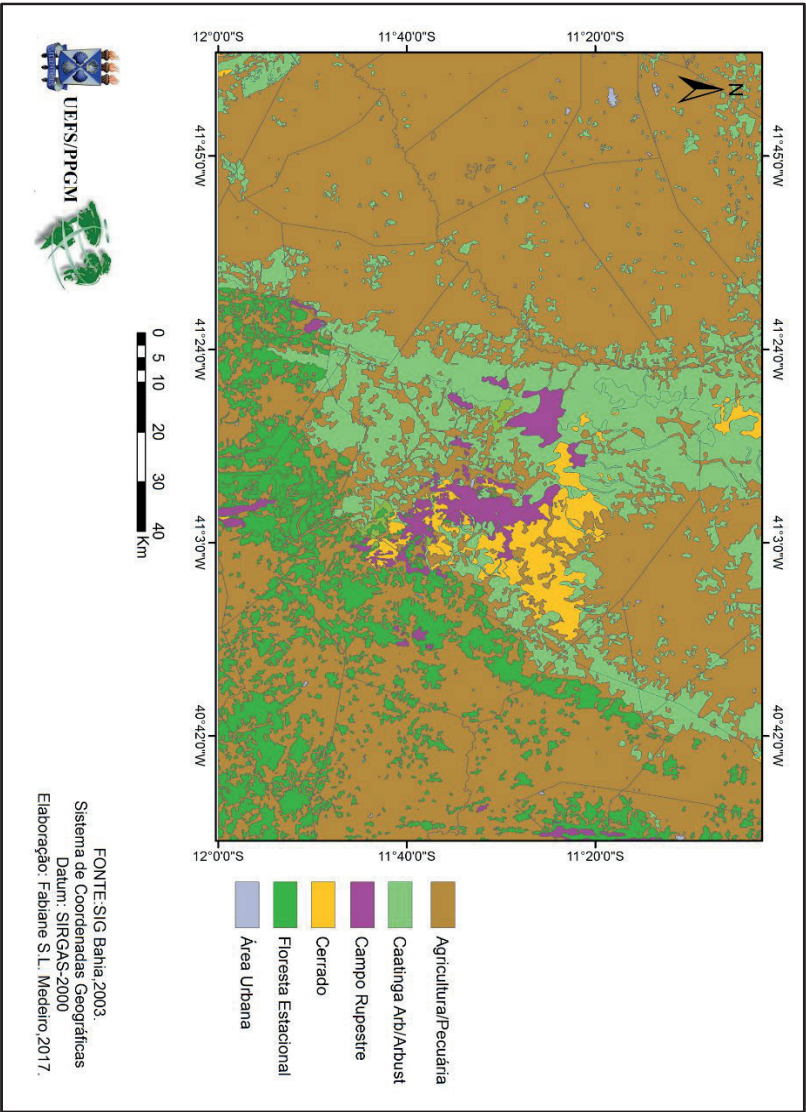



Figura 3 – Mapa de vegetação da carta Jacobina SC.24-Y-C

As atividades econômicas, como a agropecuária, desenvolvidas na região semiárida baiana, também são sazonais e dependem das

condições climáticas para se desenvolver. Em grande parte da área de estudo, a agricultura e pecuária são alternadas entre os períodos seco e chuvoso.

Esta dinâmica do uso e cobertura da terra e a diversidade biofísica dificultam o mapeamento com base em imagens de satélite de média resolução espacial, o que se torna um desafio, pois, além da dificuldade de se obter imagens sem nuvens, as sombras de relevo, ruídos e confusões espectrais se tornam mais evidentes.

Devido a estas particularidades apresentadas, optou-se por selecionar esta área de estudo a fim de conferir a performance dos classificadores selecionados em áreas de Bioma Caatinga com grade heterogeneidade espacial e temporal.

Construção dos mosaicos temporais

Para a construção dos mosaicos temporais, foi utilizada a plataforma GEE- *Code Editor*, que dispõe de uma coletânea de imagens Landsat provenientes da United States Geological Survey (USGS); todas as cenas encontram-se georreferenciadas, com correção atmosférica e ortorretificadas (MAPBIOMAS, 2017).

A plataforma oferece também a possibilidade de criação de rotinas otimizadas para geração dos mosaicos em função da escolha de janelas temporais específicas, além da possibilidade de criação de algoritmos para construção de máscara de sombra e nuvem, o que possibilita uma melhoria substancial na qualidade dos mosaicos para série temporal (MAPBIOMAS, 2017) .

Os mosaicos de imagens de satélites no GEE correspondem a uma composição de *pixel*s de várias imagens Landsat, que contêm até 105 camadas de informação incluindo as bandas espectrais, frações e índices (ex.: NDFI, NDVI etc). Cada mosaico é identificado por meio do código das cartas internacionais do mundo ao milionésimo que encobrem todo o território brasileiro na escala 1:250.000 (MAPBIOMAS, 2017).

Com base na avaliação dos dados elaborados pela equipe do Mapbiomas Caatinga, optamos por utilizar a mediana do valor de cada *pixel* para janela temporal de seis meses (janeiro a junho), na construção dos mosaicos para cada ano da série temporal de 2000 a 2016. Ao utilizar esta janela temporal, buscou-se evidenciar o maior contraste espectral para separação dos alvos avaliados, bem como diminuir a interferência dos problemas associados aos ruídos nas imagens.

A Figura 4 demonstra, esquematicamente, as etapas metodológicas seguidas para o desenvolvimento deste artigo.

Visto que um sistema de classificação para uso e cobertura da terra consiste em uma representação de classes temáticas em níveis de detalhamento (DI GREGORIO, 2004), as categorias adotadas para o mapeamento foram definidas, *a priori*, por meio das imagens de satélite a partir dos atributos possíveis de distinguir (cor, textura, geometria) e de dados secundários sobre as características da área de estudo, de modo a prever as possíveis classes existentes.

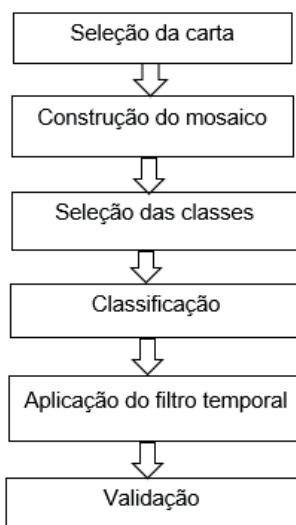



Figura 4 – Fluxograma Metodológico
Fonte: Elaboração pelos Autores

Legenda do mapeamento

O sistema de classificação foi definido em três níveis de detalhamento hierarquicamente, a fim de representar a informação espacial de maneira lógica e ordenada (Figura 5).

No nível I, estão representadas a superfície aquática e a superfície terrestre, duas classes gerais de cobertura da terra. No nível II, as áreas naturais e antrópicas que correspondem ao tipo de cobertura. No nível III, estão representados os usos e coberturas da terra propriamente ditos, os quais foram identificadas com o total de cinco classes possíveis de mapear: Formações Florestais, Formações Savânicas, Vegetação Campestre, Agropecuária e outros usos e Corpos d'água (DIAS E LOBÃO, 2016).

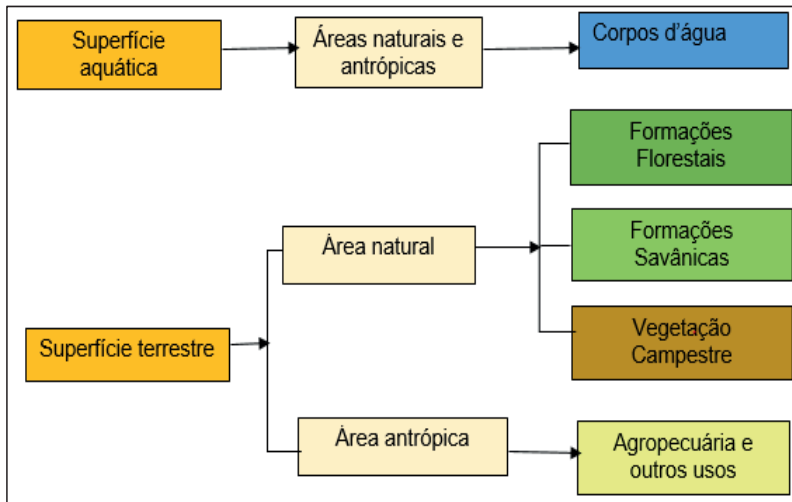



Figura 5 – Níveis de abstração adotados no mapeamento do uso e cobertura das terras na carta Jacobina

Fonte: Elaboração pelos Autores

No Quadro 1 abaixo está a descrição de cada classe adaptada de acordo com o manual técnico de vegetação (IBGE, 2012) e o de uso e cobertura da terra (IBGE, 2013).

Níveis	Classe	Descrição
I	Superfície aquática	Parte liquida da Terra, composta por água.
	Superfície terrestre	Parte sólida da Terra, composta por rochas.
II	Áreas naturais e antrópicas	Locais formados naturalmente ou por ação antrópica.
	Área natural	Locais que não sofreram intensa modificação antrópica.
	Área antrópica	Locais modificados e de usos agrícolas ou não.
III	Corpos d'água	Qualquer corpo hídrico identificado.
	Formações florestais	Vegetação densa semelhante a mata, de alto porte, variando entre 30 a 50 metros de altura.
	Formações savânicas	Vegetação xeromorfa, árvores baixas e arbustos espaçados.
	Vegetação campestre	Vegetação pouco desenvolvida de até 2 metros de altura, ocupando afloramentos rochosos.
	Agropecuária e outros usos	Área destinada a agricultura temporária no período chuvoso e a pecuária nos períodos de seca.

Quadro 1 – Descrições conceituais das classes de uso e cobertura da terra aplicadas no mapeamento da carta Jacobina SC.24-Y-C.
Fonte: IBGE 2012 e 2013. Adaptado pelos Autores

Classificação

Toda a classificação foi construída por meio de um editor de código. O conjunto de mosaicos multitemporais foi classificado

de forma supervisionada, ou seja, por meio de amostras de treinamento estáveis definidas previamente, utilizando os classificadores *random forest* e o *suporte vector machine* implementados na plataforma GEE.

Para tanto, foram realizadas as seguintes etapas:

1 - Criação do mapa de áreas estáveis no tempo: foram utilizados os mapas da coleção 2.3 do Mapbiomas, com uma acurácia de 79,3%, para sumarizar os *pixels* que se mantiveram invariantes ao longo da série temporal 2000 a 2016. Nesta etapa foram considerados apenas os *pixels* classificados como a mesma classe em uma determinada sequência temporal. Esse procedimento foi realizado para todas as classes que obedeceram à seguinte regra: Formações Florestais – 15 anos estáveis; Formações Savânicas – 15 anos; Vegetação Campestre –13 anos; Corpos d'água –15 anos e Agropecuária e outros usos –12 anos, isto para garantir que os *pixels* pertencem de fato à mesma classe.

2 - Geração automática e aleatória de amostras de treinamento: foram sorteados aleatoriamente 5.000 pontos por classe anualmente para o treinamento do *random forest e support vector machine*; as amostras de treinamento foram sorteadas sobre o mapa de áreas estáveis. Este mapa representa os *pixels* que se mantiveram invariantes ao longo da série temporal. tempo, isto é, que apareceram com maior frequência ao longo da série temporal.

3 - *Assets* (conjunto de dados) utilizados como bandas para o classificador: foram utilizadas 29 bandas do sensor Landsat como *input* para rodar os classificadores, como a mediana da reflectância das bandas espectrais (Swir1, Swir2, Red, Nir, Green, Blue), frações do modelo de mistura espectral (NPV, GV, GVS, Soil, Shade, Cloud), a mediana dos índices (NDFI, NDVI, NDWI, SAVI, EVI2, FCI, NDFI3, NDFI4), a mediana das imagens fração (npvsoil, gvnpvs, wvi, ndfi_amplitude) e o mapa de áreas estáveis (Quadro 2). Estas bandas, os índices espectrais e as frações de imagem foram combinados com bandas espectrais para gerar o mosaico para cada ano, disponíveis como dados públicos no GEE.

4 - Configurações para rodar os classificadores: utilizou-se o *random forest* com 100 iterações para fazer novas classificações e o para o *support vector machine* foram utilizamos os parâmetros default.

ID	Nome da Banda	Descrição
0	Blue	Mediana de reflectância na banda 'azul'
1	Green	Mediana de reflectância na banda 'verde'
2	Red	Mediana de reflectância na banda 'vermelha'
3	Nir	Mediana de reflectância na banda Infravermelho próximo
4	swir1	Mediana de reflectância na banda Infravermelho médio
5	swir2	Mediana de reflectância na banda Infravermelho médio
6	Termal	Mediana de refletância na banda termal
7	Gv	Vegetação verde da análise de Mistura Espectral
8	Npv	Vegetação não fotossintética de Análise de Mistura Espectral
9	Soil	Solo de análise de Mistura espectral
10	Cloud	Nuvem de análise de Mistura espectral
11	Gvs	gvs = gv / (100 - shade)
12	Shade	Sombra da análise de Mistura espectral
13	hiilshade_mask	Máscara de sombra
14	water_mask	Máscara de água de algoritmo fmask
15	NDFI	Índice Normalizado de diferença de Fração
16	NDVI	Índice de vegetação de diferença normalizada
17	NDWI	Índice de água de diferença normalizada
18	SAVI	Índice de vegetação ajustado ao solo
19	EVI2	Índice de realce da vegetação
20	FCI	Índice de dossel de fração
21	NDFI3	Mediana do ndfi3 = (gvnpvs normalized por (Soil)) * 100 + 100
22	NDFI4	Mediana do ndfi4 = (gvs normalized por (shade + soil)) *100 +100
23	Npvsoil	Mediana npv + soil
24	Gvnpvs	Mediana gvs = gv / (100 - shade)
25	Wvi	Mediana gvs = (gv + npv) / (100 - shade)
26	Slope	Declividade
27	ndfi_amplitude	Variação anual do NDFI
28	Class estável	áreas estáveis no tempo

Quadro 2 – Relação de variáveis usadas como *input*

Fonte: Mapbiomas, 2017

Aplicação do filtro espaço temporal

Após concluída a etapa de classificação, um filtro espaciotemporal foi aplicado em todos os mapas gerados. O filtro espaciotemporal tem por finalidade corrigir as transições de classes não permitidas entre os anos, identificando e corrigindo as informações dos *pixels* que não seguem a regra adotada (MAPBIOMAS, 2017).

No Quadro 3, está exemplificado como funciona o filtro espaço-temporal quando aplicado nas classificações multitemporais na fase de pós processamento.

REGRAS	DADO DA SÉRIE				RESULTADO DO FILTRO			
	t_i	t_{i+1}	t_{i+2}	t_{i+3}	t_i	t_{i+1}	t_{i+2}	t_{i+3}
I	Floresta	Savana	Savana	Savana	Savana	Savana	Savana	Savana
II	Floresta	Savana	Floresta	Floresta	Floresta	Floresta	Floresta	Floresta
III	Floresta	Floresta	Savana	Floresta	Floresta	Floresta	Floresta	Floresta
IV	Floresta	Floresta	Floresta	Savana	Floresta	Floresta	Floresta	Floresta

Quadro 3 – Exemplo do conjunto de regras aplicado no filtro espaciotemporal **na série de dados classificados**
Fonte: Elaboração pelos Autores

Como se pode observar, para reduzir as inconsistências espaciais e temporais impossíveis e corrigir falhas por falta de dados ou presença de nuvem, são aplicadas regras por meio do filtro espaciotemporal em cada *pixel* a fim de corrigir erros de consistência espacial em uma classe e erros de consistência temporal entre classes e anos.

Validação

A validação dos mapas foi realizada a partir de imagens de alta resolução e por meio de técnicas de fotointerpretação com base na chave de interpretação criada através de amostras Landsat, composição RGB-543 das respectivas classes mapeadas reconhecidas geometricamente através de imagem do sensor Landsat no Google Earth Pro (Figura 6).

Esta técnica possibilitou reconhecer melhor o padrão dos alvos a serem validados.

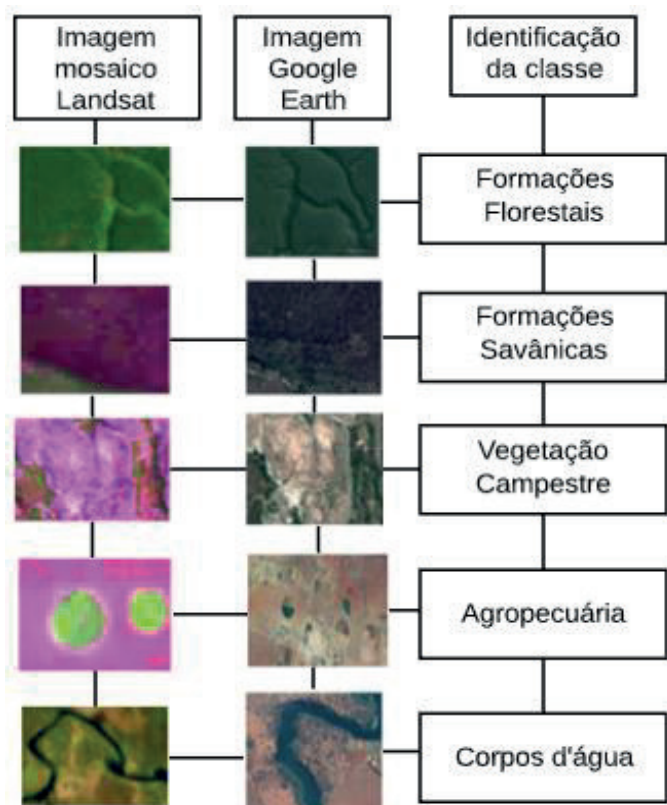



Figura 6 – Chave de interpretação
Fonte: Elaboração pelos Autores

Foram distribuídos aleatoriamente 600 pontos na área mapeada. Em seguida, estes pontos foram incorporados e sobrepostos na imagem Landsat referente ao ano de 2012, disponível no Google Earth Pro. Os erros e acertos foram interpretados com classificação realizada referente ao mesmo ano.

Concluída esta etapa, foi gerada a matriz de confusão e calculados a acurácia do usuário e do produtor, o índice de omissão e comissão e os índices de concordância Global, *Kappa* e *TAU* (Quadro 4). A validação dos mapas, além de apresentar a precisão da classificação, possibilitou comparar o desempenho dos classificadores *random forest* e *support vector machine*.

Acurácia	Fórmula	Interpretação
Coeficiente de concordância Kappa (COHEN, 1960)	$K = \frac{Po - Pe}{1 - Pe}$	-1 ≤ κ ≤ +1
Coeficiente de Concordância Tau (KLECKA, 1980)	$\tau \frac{Po - Pr}{1 - Pr}$	-1 ≤ τ ≤+1
Coeficiente de concordância Total (HELLDEN, et al., 1980)	$EG = \sum \frac{n_{ii}}{n}$	0 ≤ Po ≤ +1

Quadro 4 – Índices de concordância para avaliação da acurácia do mapa
Fonte: Elaboração pelos Autores

Resultados e discussões

Desempenho dos classificadores random forest e support vector machine

Foram gerados 34 mapas de uso e cobertura da terra da carta Jacobina SC-24-Y-C, em uma série multitemporal de 2000 a 2016, utilizando o classificador *random forest* e *support vector machine*

na plataforma *Google Earth Engine,* ao mesmo tempo em menos de uma hora (Figura 7).

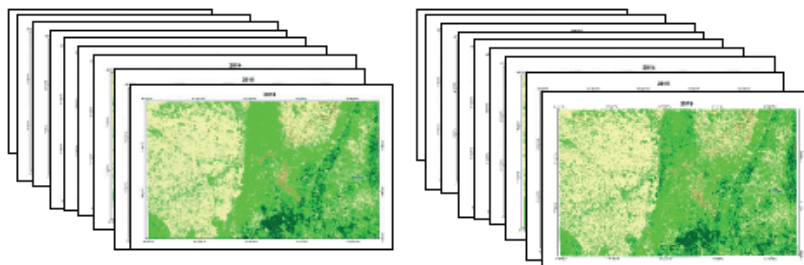



Figura 7 – Mapas classificados com o *random forest* e *support vector machine*, respectivamente
Fonte: Elaboração pelos Autores

Observou-se que os mapas classificados a partir do *random forest* demonstraram uma melhor classificação na separação das classes, enquanto as classificações realizadas por meio do *support vector machine* indicaram maior inconsistência na separação das classes para quase todos os anos mapeados.

A partir da avaliação estatística, utilizando os índices de exatidão global, o *Kappa* e o *TAU*, foi comparado o desempenho dos classificadores. O *random forest* apresentou índice de exatidão global de 0,85, considerado excelente, enquanto o *support vector machine* foi de 0,38, ou seja, de pouca concordância.

O valor do índice *Kappa* do *random forest* foi de 1,00, também classificado como excelente e o do *support vector machine* de 0,17, de pouca concordância. A acurácia do *Tau* foi de 0,82 e 0,25 para o *random forest* e *support vector machine*, respectivamente (Quadro 5).

Classificador	Exatidão global	Classificação	Índice Kappa	Classificação	Índice Tau	Classificação
RF	0,85	Excelente	1,00	Excelente	0,82	Excelente
SVM	0,38	Pouca concordância	0,17	Pouca concordância	0,25	Pouca concordância

Quadro 5 – Desempenho do mapeamento usando classificadores supervisionados
Fonte: Elaboração pelos Autores

As tabelas 1 e 2 apresentam os valores da matriz de confusão gerada para cada classificador.

Tabela 1 – Matrizes de confusão do classificador Random Forest

Random Forest								
Classes	**FSV**	**FFL**	**VCR**	**AGR**	**CAG**	**Total**	**Acu. Do Usuário**	**Erro de comissão**
FSV	183	2	38	9	0	232	78,88	21,12
FFL	5	45	0	0	0	50	90,00	10,00
VCR	0	0	47	1	0	48	97,92	2,08
AGR	10	0	24	223	0	257	86,77	13,23
CAG	0	0	1	1	11	13	84,62	15,38
Total	198	47	110	234	11	600		
Acu.do Produtor	92,42	95,74	42,73	95,30	100,00			
Erro de omissão	7,58	4,26	57,27	4,70	0,00			
Exatidão= Global	0,85	**Kappa=**	1,00	**TAU=**	0,82			

Sendo: FSV= formações savânicas; FFL= formações florestais; VCR= vegetação campestres; AGR= agropecuária e outros; CAG= corpos d'água.
Elaboração pelos Autores

Como se pode observar a partir da matriz de confusão do mapeamento realizado pelo *random forest*, os conflitos entre as classes foram muito baixos, as confusões que ocorrem foram principalmente com a vegetação campestre.

Dos 232 pontos sorteados aleatoriamente para validar a classe formações savânicas, somente 183 foram confirmados de fato como área de formações savânicas; 38 foram confundidos como vegetação campestre. Agropécuaria, do total de 257 pontos, 24 foram confundidos como vegetação campestre.

As únicas classes que apresentaram 1 ou nenhuma confusão com vegetação campestre foram corpos d'água e formações florestais, respectivamente.

Tabela 2 – Matrizes de confusão para classificador Support Vector Machine

Support Vector Machine								
Classes	**FSV**	**FFL**	**VCR**	**AGR**	**CAG**	**Total**	**Acu. do Usuário**	**Erro de comissão**
FSV	44	40	111	31	0	226	19,47	80,53
FFL	6	42	1	1	1	51	82,35	17,65
VCR	3	2	38	5	0	48	79,17	20,83
AGR	132	6	32	89	3	262	33,97	66,03
CAG	1	0	0	0	12	13	92,31	7,69
Total	186	90	182	126	16	600		
Acu.do Produtor	23,66	46,67	20,88	70,63	75,00			
Erro de omissão	76,34	53,33	79,12	29,37	25,00			
Exatidão = Global	0,38	**Kappa=**	0,17	**TAU=**	0,25			

Sendo: FSV= formações savânicas; FFL= formações florestais; VCR= vegetação campestres; AGR= agropecuária e outros; CAG= corpos d'água.
Elaboração pelos Autores

A matriz de confusão gerada do mapeamento realizado pelo classificador *support vector machine* demonstrou que as classes mapeadas apresentaram maior confusão.

A classe formações savânicas foi a mais confundida; dos 226 pontos validados, 111 se confundiram com a classe vegetação campestre. Seguida da Agropecuária, que teve 32 pontos do total de 262, confundida também com a vegetação campestre.

Enquanto a classe formações florestais e corpos d'água foram confundidas 1 e nenhum ponto com as classes formações florestais e corpos d'água.

Quanto à acurácia do usuário, o classificador *random forest* apresentou percentuais superiores a 75% para as classes de uso e cobertura da terra mapeadas. Enquanto que com o *support vector machine* somente três (formações florestais, vegetação campestre e corpos d'água) das cinco classes apresentaram boa acurácia; as demais classes representadas pela Savana e Agropecuária apresentaram percentual abaixo de 35% (Figura 8).

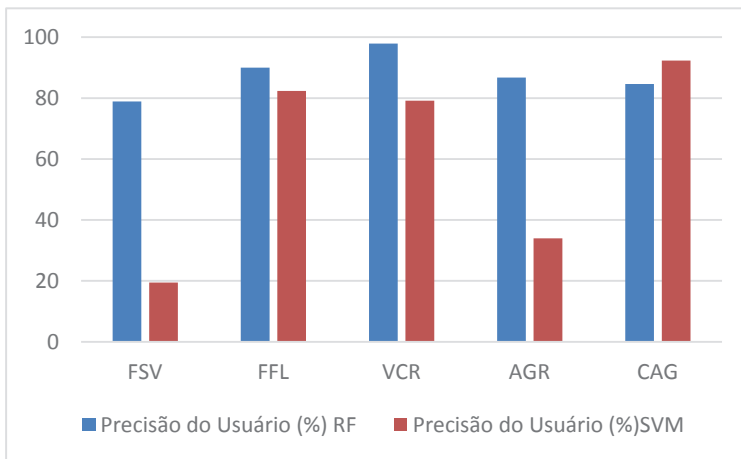



Figura 8 – Comparação da precisão do usuário Sendo: FSV= formações savânicas; FFL= formações florestais; VCR= vegetação campestres; AGR= agropecuária e outros; CAG= corpos d'água.
Elaboração pelos Autores

Em relação à acurácia do produtor, isto é, o percentual de acerto de um *pixel* verdadeiro ter sido corretamente classificado, as classes mapeadas por meio do *random forest* apresentaram altas taxas de acerto, mais de 90%; apenas a classe Vegetação Campestre obteve uma acurácia baixa (42,73%).

Para o *support vector machine*, a precisão das classes Formações Savânicas e Vegetação Campestre foram inferiores a 25%, e para a classe Formações Florestais foi aproximadamente de 45%. Apenas as classes Agropecuária e Corpos d'água apresentaram precisão superior a 70% (Figura 9).

.

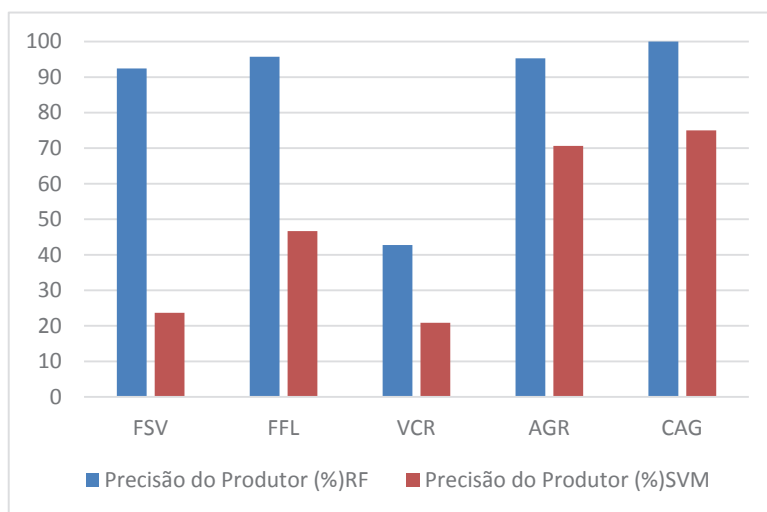



Figura 9 – Comparação da precisão do produtor

Sendo: FSV= formações savânicas; FFL= formações florestais; VCR= vegetação campestres; AGR= agropecuária e outros; CAG= corpos d'água.

Elaboração pelos Autores

O erro de comissão ou inclusão está relacionado à acurácia do usuário e diz respeito aos *pixels* que não pertencem à classe e foram a ela atribuídos. O erro de comissão para cada classe do mapa classificado com o *random forest* foi baixo, menos de 20%. Ao

contrário do *support vector machine*, que apresentou porcentual de erro superior, principalmente para as classes formações savânicas e agropecuária, que apresentaram erro de comissão de mais de 60%. Porém, para a classe Corpos d'água este erro foi menor que o apresentado pelo *random forest*, com aproximadamente menos de 8%, como pode ser observado na Figura 10.

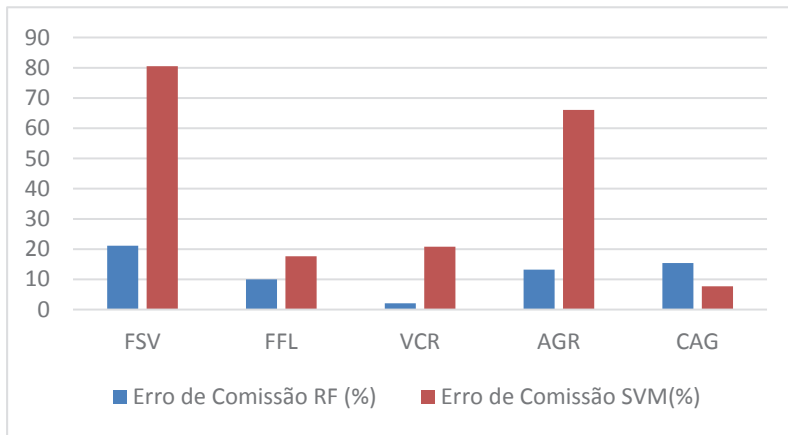



Figura 10 – Comparação do erro de comissão
Sendo: FSV= formações savânicas; FFL= formações florestais; VCR= vegetação campestres; AGR= agropecuária e outros; CAG= corpos d'água.
Elaboração pelos Autores

O erro de omissão referente aos *pixels*, que pertencem à classe em questão e não foram a ela atribuídos para o *random forest*, também foram baixos; apenas a classe Vegetação Campestre apresentou erro superior a 50%. Para o *support vector machine*, os erros de comissão foram superiores a 50% para as classes de formações savânicas, florestais e vegetação campestre; para as outras duas classes foram abaixo de 30% (Figura 11).

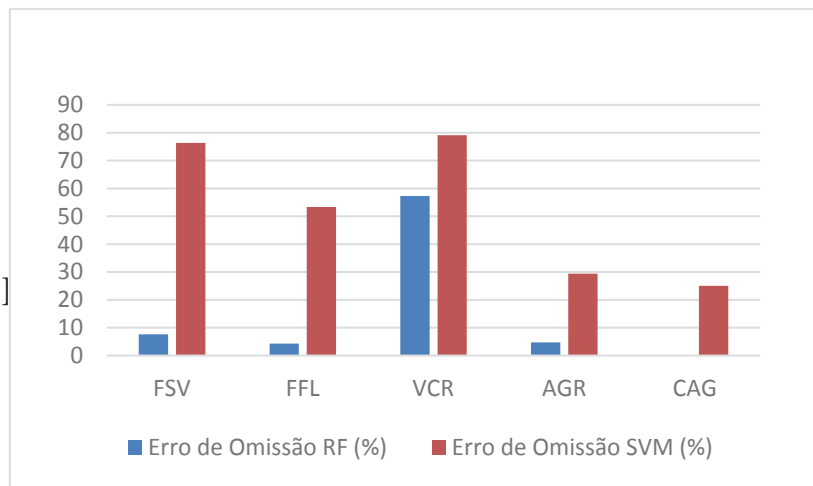



Figura 11 – Comparação do erro de omissão

Sendo: FSV= Formações Savânicas; FFL= Formações Florestais; VCR= Vegetação Campestres; AGR= Agropecuária e outros; CAG= Corpos d'água. Elaboração pelos Autores

Os resultados obtidos nesta pesquisa demonstraram que o *randon forest* apresentou melhor classificação em áreas heterogêneas, onde a vegetação é diretamente influenciada pelo relevo e o clima. Os valores de acurácia encontrados se assemelham aos do estudo de Galiano *et al.*, (2012), realizado na Província de Granada, no Sul da Espanha, cercada por cordilheiras e composta de uma variedade de cobertura. Segundo os pesquisadores, a precisão do mapa obtido do *randon forest* foi elevada, considerando a heterogeneidade da área de estudo.

Resultados semelhantes também foram encontrados por Santos (2014), em seu trabalho buscando avaliar o desempenho de diferentes algoritmos de classificação para o mapeamento do uso e cobertura da terra de uma área heterogênea do centro-oeste de Minas Gerais, quando comparou o *Random Forest, o Naive Bayes, o DecisionTree e o Support Vector Machine* e concluiu que

os melhores desempenhos dentre as classificações realizadas, utilizando somente variáveis espectrais, foi do *random forest*.

Em relação aos valores de estatística de precisão global, Kappa, precisão do usuário e do produtor, os valores apresentado pelo *randon forest* nesta pesquisa aproximam-se aos dos encontrados por Galiano *et al.,* (2012), que obtiveram uma precisão geral e a estatística Kappa de 0,92 e precisão do usuário e do produtor também elevadas, 91,33% e 92,08%, em média.

Silva *et al.*, (2019), ao avaliar o desempenho comparativo entre classificadores supervisionados no mapeamento de áreas de ecótono em região de caatinga, entre os grandes afloramentos rochosos localizados na Área de Preservação Ambiental (APA) do Cariri, no estado da Paraíba, Brasil, revelaram que o mapeamento realizado pelo classificador *support vector machine* obteve um número menor de acertos, semelhante ao desempenho apresentado na classificação da carta Jacobina SC.-24-Y-C, pouca concordância e maior inconsistência na separação de classes.

Nesta pesquisa, os resultados encontrados também demonstraram que o *random forest* e o *supportevector machine* apresentaram maior dificuldade na classificação das formações savânicas e agropecuárias, classificadas erroneamente como vegetação campestre.

Segundo Silva *et al.*, (2019), as áreas de vegetação campestre exibem muito afloramento rochoso, fato que explica também a dificuldade do classificador de separar *pixels* que não pertencem a determinada classe no mesmo polígono.

Borges e Silva (2009) afirmam que as confusões ocorridas entre as áreas de caatinga representada nesta pesquisa pela classe formações savânicas, classificadas erroneamente como agropecuária, podem ser explicadas pelo processo de antropização da caatinga ao longo dos anos.

Espectralmente, áreas desmatadas apresentam alto índice de reflectância, em função da exposição do material da composição;

outra explicação são as clareiras abertas entre a vegetação, que, em consequência, se tornam mais expressivas em áreas onde a vegetação não é densa interferindo na identificação dos alvos (BORGES; SILVA, 2009).

Ainda segundo Moreira (2009), estas confusões se justificam também pelos diferentes graus de estágio da pastagem ou até mesmo graus de degradação que proporcionam refletâncias diferenciadas em imagens de satélites, podendo ocasionar confusões na classificação automatizada.

A forte sazonalidade do uso e cobertura da terra na carta também é um fator que dificulta principalmente a separação das classes formações savânicas e agropecuária. Segundo Becerra *et al.*, (2015), a variabilidade sazonal climática, principalmente a precipitação, influencia diretamente no volume da fitomassa da caatinga, contribuindo para o aparecimento das folhas e o crescimento da vegetação nos meses de chuva, porém nos períodos secos sua fisionomia muda completamente apresentando-se sem folhas e galhos acinzentados.

Outro fator observado foi a própria heterogeneidade da carta mapeada que ser insere em uma área de ecótono na região semiárida da Bahia. De acordo com Milan e Moro (2016), uma área de ecótono caracteriza-se como mistura de diferentes tipos de vegetação, sem grandes diferenças fitofisionômicas entre as espécies. Esta mistura e contato de uma espécie sobre a outra, como ocorre na carta Jacobina SC.24-Y-C, principalmente com as espécies de formações savânicas e vegetação campestre que estão em uma região de contato, dificulta ainda mais o processo de separação das classes, principalmente em imagens de média resolução espacial como as Landsat, cuja resolução espacial é de 30 m.

Considerações finais

O classificador *random forest*, em comparação com o *support vector machine*, apresentou melhor desempenho para separar as classes com grande heterogeneidade espacial e temporal com valores de acurácia global, Kappa e Tau excelentes.

Além disso, a classificação realizada na plataforma de processamento em nuvem da GEE, com base na metodologia do Mapbiomas, mostrou-se uma alternativa mais eficaz para processar séries multitemporais usando um grande volume de dados orbitais ao mesmo tempo, economizando esforço, tempo de processamento das imagens e espaço para armazenamento, já que todo o processamento é automatizado e realizado na nuvem.

Comparada com os métodos tradicionais, a tecnologia de processamento de imagens em nuvem é o que há de mais novo no âmbito do sensoriamento remoto para processar petabytes de imagens em menor tempo, possibilitando uma rápida aplicação para análise e gestão ambiental.

Recomenda-se testar os mesmos classificadores com imagens de alta resolução espacial como o Sentinel para avaliar uma possível melhoria dos dados.

Referências

ALONSO, A., *et al*., (2016). Wetland landscape spatio-temporal degradation dynamics using the New Google Earth Engine cloud-based platform: opportunities for non-specailists in remote sensing. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**,v. 59(5): p. 1333-1344.

AZEVEDO, P. V.; SILVA, G.B. (2000). Potencial agroclimatológico da região da "Chapada Diamantina" no Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.15, n. l,7788. Disponível em:< http://www.revistas.usp.br/rdg/article/viewFile/85555/88344> Acesso em: 16 nov. 2016.

BARBOSA, D. V. N. (2000). *Os impactos da seca de 1993 no Semiárido baiano:* caso de Irecê**.** Salvador: SEI.

BECERRA, J. A. B *et al.*, (2015). Relação das sazonalidades da precipitação e da vegetação no bioma Caatinga: abordagem multitemporal. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE.

BORGES, F. E.; SILVA, B.A. (2009). Técnicas de segmentação de imagens e classificação por região: mapeamento da cobertura vegetal e uso do solo, Mucugê-BA. **Mercator Revista de Geografia da UFC**. Disponível em:< http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/258>. Acesso em: 22 abr. 2018.

BREIMAN, L. (2001). Random forests. **Machine Learning**, n. 45, p5–32.

DI GREGORIO, A. (2004). Land cover classification system (LCCS). Version 2: classification concepts and user manual. Rome: FAO.

DIAS, L. F.; LOBÃO, J. S. B. (2016). Mapeamento do uso e cobertura das terras no município de Feira de Santana. In.: *Um olhar sobre o município de Feira de Santana*: a geografia e

o geoprocessamento num contexto socioambiental. Feira de Santana: UEFS Editora, p. 71-99.

DONG, J., *et al.*, (2016). Mapping paddy rice planting area in northeastern Asia with Landsat 8 images, phenology-based algorithm and Google Earth Engine, Remote Sensing of Environment.

FRANÇA, F., *et al.*, (2013). *Flora de Morro do Chapéu*. V.1. Feira de Santana: UEFS Editora, 258p.

GALIANO, R. V. F., *et al.*, (2012). An assessment of the effectiveness of a Random Forest classifier for land-cover classification. **Remote Sensing of Environment** n. 121, p. 93–107.

GISLASON, P. O., *et al.,* (2005). Random Forest for Land Cover Classification. **Pattern Recognition Letters**, 27, p. 294-300.

GORELICK, N., *et al.,* (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone, Remote Sensing of Environment.

HANSEN, M. C., *et al.*, (2013). High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. **Science**, 342, 850-853.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2013). *Manual técnico de uso e cobertura da terra*. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2012). *Manual técnico da vegetação brasileira*. Rio de Janeiro: IBGE.

JOHANSEN, K.; *et al*., (2015). Mapping woody vegetation clearing in Queensland**,** Australia from Landsat imagery using the Google Earth Engine. In: *Remote Sensing Applications*: society and environment 1, p.36-49.

KENNEDY, R. E. *et al*., (2014). Bringing an ecological 1344 TRANSACTIONS OF THE ASABE view of change to Landsat-based remote sensing. Front. **Ecol. Environ. Journal**, v. 12(6), p. 339-346.

KLECKA, W. R. (1980). *Discriminant analysis.* Beverly Hills, California: SAGE Publications, Inc. 71p.

LEAL, R.; *et al.,* (2003). *Ecologia e conservação da Caatinga.* Recife: Editora Universitária, UFPE.

LI, C.; *et al*., (2014). Comparison of classification algorithms and training sample sizes in urban land classification with Landsat thematic mapper imagery. **Remote Sens**, 6(2), p. 964-983.

LOBÃO, J. S. B. SILVA, B. M.N. (2012). A configuração histórica e natural da região semiárida da Bahia. In.: *Análise socioambiental da região semiárida da Bahia*: geoprocessamento como subsídio ao ordenamento territorial. Feira de Santana: UEFS Editora, p. 97-135.

LORENA, A. C.; DE CARVALHO, A. C. P. L. F. (2007). Uma introdução às Support Vector Machini. **Revista de Informática Teórica e Aplicada** (RITA), v. XIV, n. 2, p. 43-67.

MAPBIOMAS. (2017). **ATDB-Caatinga Biome Collection 2.3**. Disponível em: < mapbiomas.org/pages/methodology > Acesso em: 12 dez. 2017.

MILAN e MORO. (2016). O conceito biogeográfico de ecótono. **Terr@Plural**, Ponta Grossa, v. 10, n. 1, p. 75-88.

MONTEIRO, F. P. (2015). ClasSIS: uma metodologia para classificação Supervisionada de imagens de satélite em áreas de assentamento localizados na Amazônia. Dissertação (Mestrado). Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, da Universidade Federal do Pará.

MOREIRA, G. F. (2009). Classificação automatizada do uso e cobertura do solo utilizando imagens Landsat no município de Aropanga, MG. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa.

NOI, P. T.; KAPPAS, M. (2018). Comparison of Random Forest, k-Nearest Neighbor, and Support Vector Machine Classifiers for Land Cover Classification Using Sentinel-2 Imagery**.** **Sensors** 18(1).

PELLETIER, C.; *et al.,* (2016). Assessing the robustness of Random Forests to map land cover with high resolution satellite image time series over large areas. **Remote Sensing of Environment**,187, p. 156–168.

RUFINO, H., VEIGA, A., NAKAMOTO, P. (2016). Somote easy: an algorithm to treat the classification issue in real databases. **JISTEM – Journal of Information Systems and Technology Management Revista de Gestão da Tecnologia e Sistemas de Informação**, v. 13, n. 1, p. 61-80.

SAMPAIO, A. R, (Org). *et al.*, Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB. Jacobina – Folha SC.24-

Y-C, Estado da Bahia. Escala 1:250.000. Brasília: CPRM/ DIEDIG/DEPAT, 2001.

SANTOS, P. A. (2014). Avaliação do uso de variaveis temporais na classificação da cobertura da terra. Dissertação (Mestrado). UFLA – Universidade Federal de Lavras.

SILVA, L. F *et al*., (2019). Desempenho comparativo entre classificadores supervisionados no mapeamento de áreas de Ecótono em região de Caatinga. **Caderno de Geografia**, v. 29, n. 59.

SOTHE, C.; *et al*., (2017). Abordagens para classificação do estágio sucessional da vegetação do Parque Nacional de São Joaquim empregando imagens Landsat-8 e Rapideye. **Bulletin of Geodetic Sciences**, v. 23 (3), 389-404.

SOUZA, B. F. S.; *et al*., (2010). Avaliação de classificadores baseados em aprendizado de máquina para classificação do uso e cobertura da terra no Bioma Caatinga. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 62, ed. especial 2.

SOUZA, G. C.; *et al*., (2016). Algoritmos de aprendizagem em máquina e variáveis de sensoriamento remoto para o mapeamento da cafeicultura. **Bol. Ciência Geodésica**, v. 22, n. 4, Curitiba.

TABARELLI, M.; *et al*., (2000). Análise de representatividade das unidades de conservação de uso direto e indireto na caatinga. Relatório do Projeto Avaliação e Ações Prioritárias para a Conservação da biodiversidade da Caatinga. UFPE – Universidade Federal de Pernambuco.

XIONG, J.; *et al.*, (2017). Automated cropland mapping of continental Africa using Google Earth Engine cloud computing. **ISPRS – Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**,126, p. 225-244.

Metamorfoses na Caatinga: análise das transformações do uso e ocupação no município de Conceição do Coité, BA

Ereni da Silva Oliveira
Jocimara Souza Britto Lobão

Introdução

A caatinga, bioma de extrema importância por ser único no mundo, encontra-se bastante alterado. O processo de desmatamento da caatinga é avançado e acelerado "[...] devido principalmente ao consumo de lenha nativa, explorada de forma ilegal e insustentável, para fins domésticos e indústrias, ao sobrepastoreio e a conversão para pastagens e agricultura" (BRASIL, 2016).

O desmatamento do bioma caatinga é histórico e está vinculado ao desenvolvimento de atividades produtivas agropecuárias que foram instaladas desde o período colonial. O processo de alteração do bioma caatinga perdura na atualidade, sendo que boa parte da "vegetação original já foi substituída por pastos e lavouras, o que resta são áreas extremamente fragmentadas" (ALVES *et al.*, 2008). A degradação na caatinga deixa-a altamente vulnerável, pois empobrece a vegetação ao reduzir a diversidade de espécies que é natural de seu bioma.

O município de Conceição do Coité (Figura 1), situado na porção nordeste do estado da Bahia, pertence ao Território de Identidade do Sisal, onde é predominante o clima semiárido e faz parte do bioma caatinga (IBGE, 2012). Apresenta área territorial

de 1.015,252 km² (IBGE, 2018) e uma população de 62.040 pessoas, de acordo com o censo demográfico realizado em 2010. O município é um importante polo de produção de sisal e possui influência regional.

Em todo o município de Conceição do Coité há o predomínio da vegetação caatinga que se encontra alterada devido às interferências humanas ao longo do tempo (ALVES *et al.*, 2008; BEUCHLE *et al.,* 2015; BRASIL, 2010), seja para o plantio do sisal e outros produtos agrícolas, seja para a pastagem ou até mesmo para a retirada de lenha. A vegetação encontra-se mais preservada em algumas partes, onde ocorre menor ocupação humana, a exemplo da porção norte do município.

Desde a instalação da estrada de ferro que passa pelo distrito de Salgadália, no final do século XIX, que a retirada de lenha se tornou um entrave para a manutenção da vegetação nativa (FREIXO, 2010). Após o fim do desmatamento com esse viés, a caatinga local continuou sofrendo pressões devido ao uso da terra principalmente para a pastagem.

A agropecuária ocupa a maior parte do território municipal. Sua prática é também muito típica no município, associando áreas de plantio temporário, em épocas chuvosas, de culturas como milho e feijão, e a criação de caprinos e ovinos, por exemplo. As áreas de domínio do sisal são também utilizadas para manter os animais em épocas de seca.

O sisal, importante cultura desenvolvida no município, foi implantado comercialmente na década de 1940, ganhando espaço e ampliando suas áreas principalmente até a grande crise do produto, em 1965, motivada pela concorrência das fibras naturais e as sintéticas que chegavam mais competitivas ao mercado internacional (MARQUES, 2002). Após essa crise, que provocou sucessivas quedas de preço, a produção sisaleira, em muitos momentos, foi abandonada, havendo consequentemente recuperação paulatina das áreas de caatinga. Essa dinâmica de avanço da caatinga nas áreas de plantio do sisal é freada quando

há aumento novamente de preços, que incentiva a retomada da produção (HUBSCHMAN, 2002).

O manejo agrícola tradicional, com pouco conhecimento dos impactos causados ao equilíbrio natural, associado ao sobrepastoreio das amplas áreas de pastagens, tem promovido a formação de 'capoeiras', áreas desmatadas e que depois são abandonadas por terem sido esgotadas, ou seja, áreas degradadas. A caatinga no município de Conceição do Coité em sua maior parte é secundária, poucas áreas apresentam maior conservação.

Este trabalho atende, portanto, à necessidade de ampliação dos estudos voltados para a vegetação caatinga e sua degradação e se propõe a analisar as transformações paisagísticas do bioma na dimensão local, podendo ser útil para o planejamento de políticas públicas voltadas para a conservação no município monitorado.

O objetivo do artigo presente é analisar os mapas de uso e ocupação das terras do município de Conceição do Coité, produzidos pelo Projeto MapBiomas, entre o período de 1995 e 2017.

Procedimentos metodológicos

A realização deste trabalho baseou-se em pesquisa bibliográfica sobre a caatinga, suas características e as transformações a que tem sido submetida ao longo do tempo. O recorte espacial escolhido foi o município de Conceição do Coité (Figura 1) durante o tempo que vai de 1995 a 2017, para conseguir dados de transição de uso e cobertura da terra a cada 5 anos, no referido período. Os mapas e dados utilizados para a investigação das mudanças ocorridas na paisagem da caatinga de Conceição do Coité foram extraídos do Projeto MapBiomas[8].

[8] http://mapbiomas.org/pages/atbd

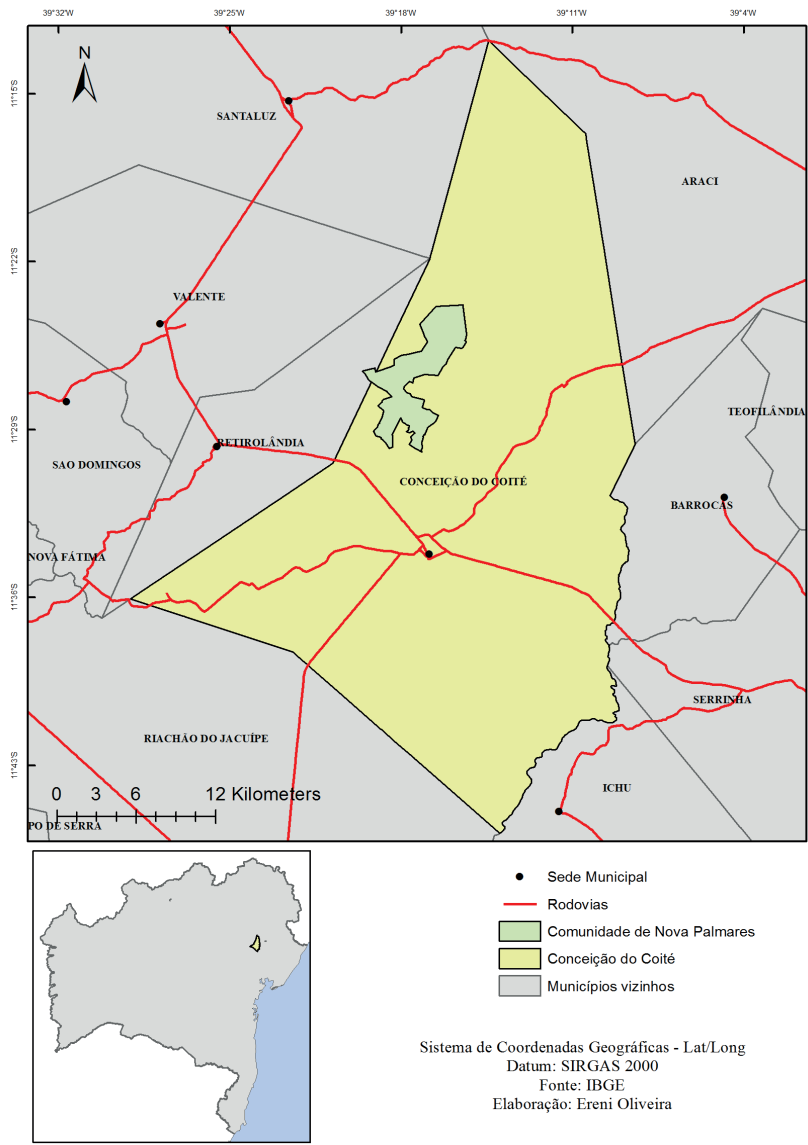



Figura 1 – Mapa de localização do município de Conceição do Coité

As classificações de uso e cobertura da terra dos anos de 1995 a 2017, bem como os dados de transição foram baixados através do *script* cedido e disponível no site oficial do projeto Mapbiomas. Todos os dados pertencem à coleção 3.0. Essas classificações foram inseridas no ARCGIS 10.0, assim como os dados de transições de uso também extraídos do Projeto Mapbiomas, visando à elaboração de *layouts* e quantificação de dados. A síntese metodológica pode ser observada na Figura 2.

Figura 2 – Fluxograma metodológico
Fonte: As autoras, 2019

Para realizar as análises foram utilizados dados do censo agropecuário de 1995/96 e 2006 e dados da Produção Agrícola e Pecuária municipal dos anos de 1995 a 2017 (IBGE, 2018). A partir desses dados foram construídas tabelas para facilitar as análises e discussões com os mapas de cobertura e uso da terra gerados pelo projeto Mapbiomas. Além disso, procedeu-se à busca das leis ambientais, direcionadas à preservação dos biomas,

nos níveis federal, estadual e municipal que entraram em vigor no período de 1995-2017.

As classes mapeadas no projeto Mapbiomas e encontradas em Conceição do Coité foram adaptadas para atender adequadamente às especificidades municipais. Assim, neste trabalho, utilizamos o termo caatinga para a classe formação savânica, agropecuária para designar a classe mosaico de agricultura e pastagem, bem como considerou-se mais adequado chamar de corpo d'água a classe designada no projeto como rio, lago, oceano (Quadro 1).

Classes Mapeadas	Descrição
Formação Florestal	Vegetação mais densa, encontrada em áreas mais elevadas.
Formação Savânica	Caatinga
Mosaico de Agricultura ou Pastagem	Agropecuária (área destinada a agricultura e pecuária e áreas consorcio de agricultura e pecuária).
Infraestrutura Urbana	Sede municipal e distritos.
Outra área não Vegetada	Solo exposto e afloramentos rochosos.
Rio, lago, oceano	Corpo d'água (Açudes)

Quadro 1 – Classes de uso e cobertura da terra encontradas no município de Conceição do Coité – MAPBIOMAS
Fonte: As autoras, 2019

Transformações de uso e cobertura das terras do município de Conceição do Coité, BA, no período 1995-2017

As atividades agrícolas e pecuárias são histórica e socioeconomicamente importantes para Conceição do Coité. A fundação do próprio município está ligada à expansão da pecuária no inte-

rior da Bahia e, portanto, constitui-se como atividade ainda hoje relevante e perfaz boa parte do território. Por outro lado, o sisal é o produto de maior destaque na economia local, seja por sua colheita, seja pelo processamento industrial e exportação da fibra.

Quando se observam os mapas de uso e cobertura da terra elaborados pelo Mapbiomas para o período em estudo, percebe-se um predomínio de áreas destinadas às atividades agropecuárias em detrimento da caatinga no ano 2017 (Figura 3). Em 1995, ano inicial do recorte temporal estabelecido nesta análise, as áreas de caatinga se concentravam quase que exclusivamente na porção norte, nordeste e noroeste do município. Manchas esparsas de formação savânica se distribuem de forma pontual no restante da área, onde ocorre o predomínio da pecuária. A agropecuária se difunde por todo o território, mas em menor proporção (Figura 3).

A Tabela 1 apresenta a distribuição das classes de uso e cobertura da terra presentes no município de Conceição do Coité em 1995. A agropecuária ocupa uma área de 68,58%, perfazendo maior parte do território; a caatinga ocupa o segundo maior domínio territorial, com cerca de 28,60% do total; outra área não vegetada ocupa uma área aproximada de 2,18%. As demais classes juntas apresentam domínio que não chega a 1%.

Tabela 1 – Classes de uso e cobertura da terra no município de Conceição do Coité, BA, em 1995

Classes	Área (ha)	%
Formação Florestal	384,95	0,37
Caatinga	29.035,48	28,60
Agropecuária	69.633,87	68,58
Infraestrutura Urbana	236,61	0,23
Outra área não Vegetada	2.220,22	2,18
Corpo d'água	10,87	0,01

Fonte: Adaptação do MAPBIOMAS, 2018

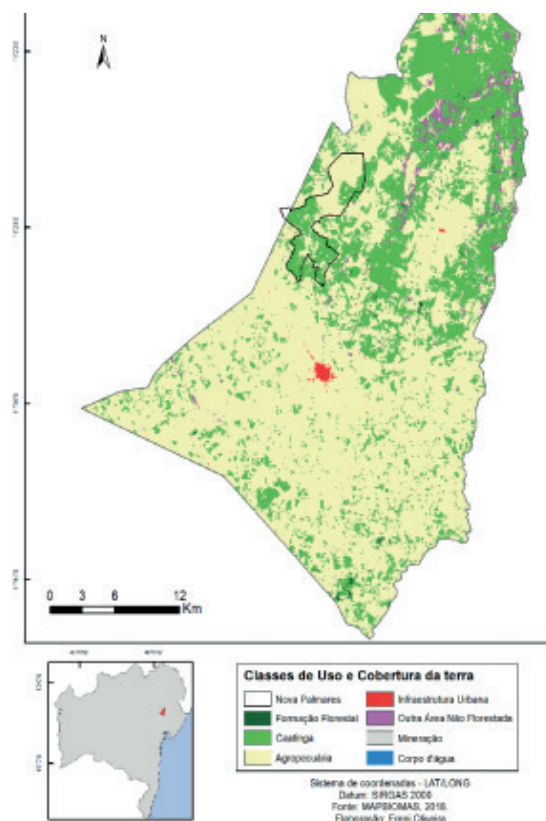



Figura 3 – Mapa de uso e cobertura da terra no município de Conceição do Coité, BA, em 1995 e 2017

Em 2017, a agropecuária era a classe de uso e cobertura da terra predominante, com 74,91% do território, seguido da caatinga com 22,39% da área total e outra área não vegetada que se apresentava com 2,13% do território. As demais classes apareceram em menor proporção, a exemplo da formação florestal, infraestrutura urbana e corpo d'água, que, juntos, não chegavam a 1% da área total (Tabela 2). Comparando-se os anos de 1995 e 2017 (Gráfico 1), observa-se que houve aumento das áreas ocupadas por agropecuária e a consequente redução das áreas de caatinga.

Tabela 2 – Classes de uso e cobertura da terra no município de Conceição do Coité, BA, em 2017

Classes	Área (ha)	%
Formação Florestal	258,74	0,25
Caatinga	22.728,71	22,39
Agropecuária	76.045,19	74,91
Infraestrutura Urbana	242,65	0,23
Outra área não Vegetada	2.170,89	2,13
Corpo d'água	64,60	0,06

Fonte: Adaptação do MAPBIOMAS, 2018

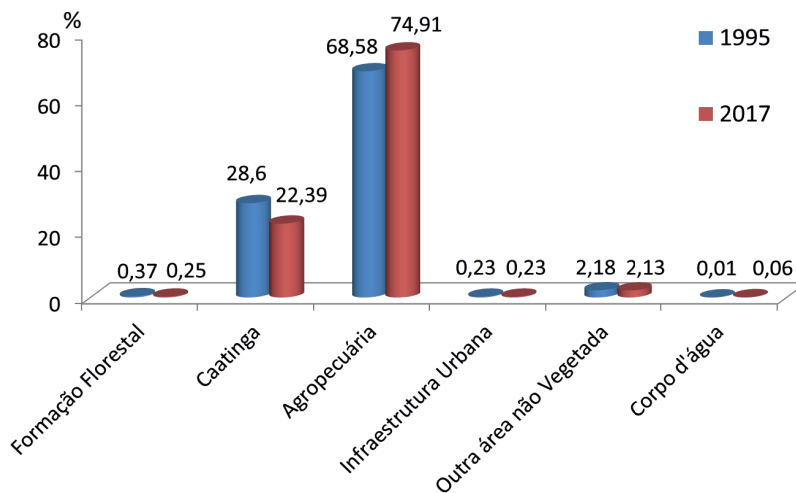



Gráfico 1 – Uso e cobertura da terra no município de Conceição do Coité, BA – 1995 a 2017
Fonte: Adaptação do MAPBIOMAS, 2018

A fim de melhor se compreender a agropecuária, foram utilizados os dados do IBGE da pesquisa pecuária e agrícola para

identificar o que é produzido no município, embora não seja possível fazer uma relação direta dos mapeamentos com a criação de gado e da área plantada e colhida em função da natureza dos dados.

As áreas de pastagem no município de Conceição do Coité se destinam, principalmente, à criação de gado bovino, seguido de ovinos e caprinos (Gráfico 2). Os demais rebanhos existentes no município são os suínos e há também criação de galináceos, sendo que os suínos apresentam menor quantidade de rebanho e a criação de galináceos é expressiva, porém não demanda grandes áreas para sua prática; ou seja, os suínos e galináceos não impactam significativamente na ampliação de áreas de pastagem.

O rebanho bovino, por outro lado, é o mais numeroso na maior parte dos anos, entre 1995 e 2017 (Gráfico 2), e por apresentar maior porte demanda mais área para a produção. Os caprinos e ovinos, que são adaptados ao clima semiárido, demandam menor quantidade de área para a criação que o rebanho bovino. Este foi o primeiro maior rebanho até 2007, mas a partir de 2008 foi superado pelo rebanho ovino, que se manteve em crescimento constante até o último ano desta análise.

A caprinocultura, que teve rebanho expressivo entre os anos de 1997 e 2006, enfrentou redução significativa e duradoura em todos os anos subsequentes, voltando a ter um pouco mais de incremento a partir de 2014, mas não alcançou o número de cabeças do período inicial. A dinâmica dos rebanhos ovino e caprino foi condicionada pela intervenção de projetos governamentais, como o programa Produzir, implantado a partir de 1996 e que, mesmo não tendo um foco apenas na cadeia produtiva da caprinovinocultura, deu suporte básico, como a instalação de tecnologias de acesso à água, para viabilizar a produção. Alguns programas tiveram um enfoque específico para a caprinovinocultura, permitindo maior incremento na produção, principalmente de ovinos, de que são exemplos o Cabra Forte, iniciado em 2003, e outros programas seguintes, como o Sertão Produtivo, o Vida Melhor e o Bahia Produtiva (Gráfico 2).

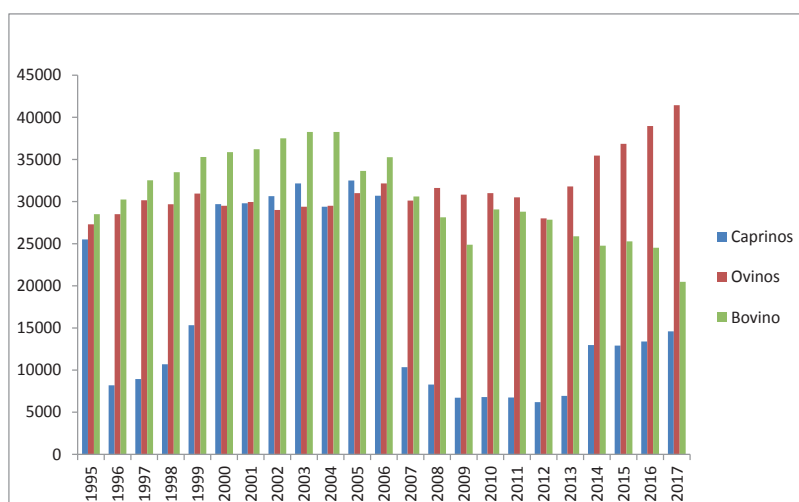



Gráfico 2 – Efetivo dos principais rebanhos no município de Conceição do Coité, BA – 1995-2017
Fonte: IBGE, 2018

Houve, portanto, incentivos governamentais para o aumento e consolidação da caprinocultura, pautada na ideia de adaptação ao clima semiárido e convivência com este e com a caatinga. A produção na caprinocultura tem declínios especialmente em função da não abertura do mercado para a compra de grande quantidade de carne, leite e derivados, o que precisa ser enfrentado para que, de fato, este setor se consolide. A produção de ovinos no município de Conceição do Coité se manteve, em geral, crescente, apesar de declínios como ocorreu em 2012 (Gráfico 2).

A agropecuária detém a maior cobertura de área do município. É importante compreender, porém, que em sua maior parte os cultivos são temporários (feijão, milho, mandioca); muitas vezes são plantados, sazonalmente, nas mesmas áreas de pastagens, tornando-se assim impossível de distinguir anualmente essas classes na região semiárida brasileira (LOBÃO e SILVA, 2013).

Ressalte-se também que a produção de sisal possui relevância econômica para o município de Conceição do Coité. Nota-se que, apesar de oscilações, a área plantada de sisal foi sendo expandida, desde o início do período em estudo até 2013, e nos anos subsequentes apresenta queda significativa (Gráfico 3). Com relação à área colhida, acontece a mesma dinâmica, mas com uma diferença: a queda na produção é registrada significativamente em 2013, sendo que essa redução é mantida com oscilações nos anos seguintes. A quantidade efetivamente produzida de sisal apresenta oscilações constantes, com reduções e aumentos muitas vezes bruscos, como pode ser notado no ano de 2012 (Gráfico 3).

Em termos de comparação entre as áreas plantada e colhida de sisal, observa-se no Gráfico 5 que, nos anos de 1999, 2002, 2004 e 2006, a área colhida se aproxima bastante do total de área plantada. Em determinados períodos há uma equivalência entre a área plantada e a área colhida, demonstrando um aproveitamento máximo da área plantada em termos de produção. Trata-se de dois períodos, o primeiro entre 2008 e 2012 e o segundo registrado em 2014 e 2015. O ano de 2013 registrou a maior discrepância entre a área plantada e a área colhida. A produção em toneladas, que, em 2012, já havia registrado uma queda significativa, manteve-se muito baixa em 2013, se comparada à produção da maioria dos anos estudados.

O cultivo de milho e feijão no município de Conceição do Coité só ocorre nos períodos chuvosos. Os anos que registraram maior produção de feijão em toneladas foram 2003, 2006, 2013 e 2015, com uma produtividade maior do que 1000 toneladas. Vários anos registraram uma produção bastante reduzida: 1999, 2009, 2011, 2012, 2014, 2016 e 2017, em que os resultados foram inferiores a 100 toneladas de feijão, sendo que o ano com produção menor foi o de 2012, com apenas 6 toneladas; o ano de 2017 foi o segundo com menor registro de produção: 20 toneladas. Houve, portanto, poucos anos em que a produção de feijão foi

elevada; na maioria dos anos registram-se resultados tímidos ou extremamente baixos (Gráfico 4).

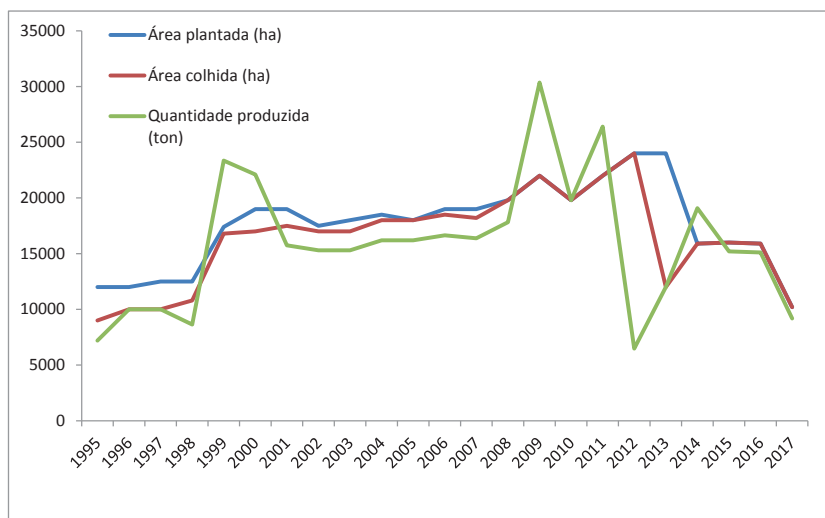



Gráfico 3 – Comparativo entre áreas plantada e colhida de sisal no município de Conceição do Coité, BA – 1995-2017
Fonte: IBGE, 2018

Comparando-se as áreas plantada e colhida, o ano de 1999 apresentou maior discrepância, pois houve o maior registro de plantio de feijão, porém a produção foi muito abaixo do esperado, mantendo-se tímida. O aumento da área plantada em 1999 pode ter sido reflexo do aproveitamento total da produção que havia sido percebido nos anos anteriores, entre 1996 e 1998 (Gráfico 4). A maior parte dos anos estudados apresenta aproveitamento adequado da área plantada, como pode ser percebido também entre 2000 e 2001, 2003 e 2008, 2010 e entre 2013 e 2016, quando há um total igual de área plantada e área colhida. Os anos 2011, 2012 e 2017 apresentam uma marcante discrepância entre a área plantada e a colhida. Isso repercute em uma produtividade extremamente baixa; o mesmo ocorreu em 1999, quando foi ainda mais significativa essa discrepância.

A lavoura de milho apresenta menor produtividade em toneladas nos anos de 1995, 2009 (ano em que não houve registro de produção), 2011, 2012, 2014, 2016 e 2017. Nesses anos a produção foi inferior a 100 toneladas. O milho tem um ciclo de vida mais longo do que o feijão e por isso é mais afetado quando há uma duração menor do período chuvoso, principalmente durante o inverno. Mas observa-se que há uma simultaneidade dos anos de menor produção de feijão e milho, bem como dos anos de maior produtividade. Os anos de maior produção de milho, quando foram ultrapassadas 1000 toneladas, foram: 2001, 2003, 2006, 2007, 2013 e 2015.

O Gráfico 5, que apresenta um comparativo entre a área plantada e a área colhida de milho, demonstra uma similaridade com o Gráfico 6, isso porque tanto o milho quanto o feijão são plantados em consórcio, em policultivo. Desse modo, os anos de maior discrepância foram praticamente os mesmos. As áreas plantada e colhida de milho tiveram totais bem diferentes em 1995, 1999, 2002, 2009, 2011, 2012, 2014 e 2017, sendo que o ano de maior diferença foi o de 1999 e o mais crítico, na verdade, foi o de 2009, em que a área plantada correspondeu a 1200 ha e não foi registrada área colhida, verificando-se perda total da produção.

Já a mandioca apresenta-se como importante economicamente, pois há o beneficiamento e venda da produção no próprio município, principalmente através de cooperativas. O cultivo de mandioca é dependente também do período de chuvas e sua produtividade oscila em função disso. Os anos de maior produção de mandioca foram 1996, 2001 a 2005 e 2009, quando se registraram mais de 10 mil toneladas. Os anos de menor produção verificaram-se a partir de 2013, com menos de 3000 toneladas. Entre 2015 e 2017 a produção não chegou a atingir 1000 toneladas.

A comparação entre as áreas plantada e colhida de mandioca demonstra uma discrepância maior nos anos de 1995, 1999 e 2001, 2004, 2005 e 2007. Nesses anos, o período 1999-2001 demonstrou maior diferença entre área plantada e área colhida. O período de

maior redução das áreas plantada e colhida, no entanto, ocorre a partir de 2013, mesmo com aproveitamento de 100% da colheita, pois, por ter havido diminuição do plantio, os rendimentos foram muito baixos (Gráfico 6).

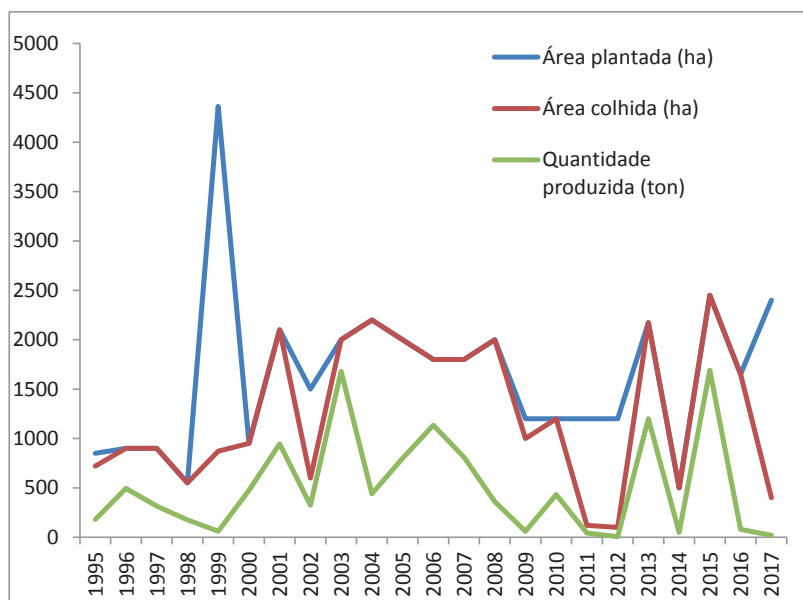



Gráfico 4 – Comparativo entre área plantada e área colhida – Feijão
Fonte: IBGE, 2018

Comparando-se as lavouras mais importantes do município de Conceição do Coité, percebe-se que a de sisal apresenta maior produtividade na maior parte dos anos, seguida da mandioca. Os anos em que o sisal não teve supremacia foram 1995, 1996 e 2012, quando a mandioca teve maior produção. A produção de milho e feijão é ínfima em termos de comparação com a de sisal e mandioca. Os anos de maior produção dessas lavouras foram 2003 e 2015 (Gráfico 7).

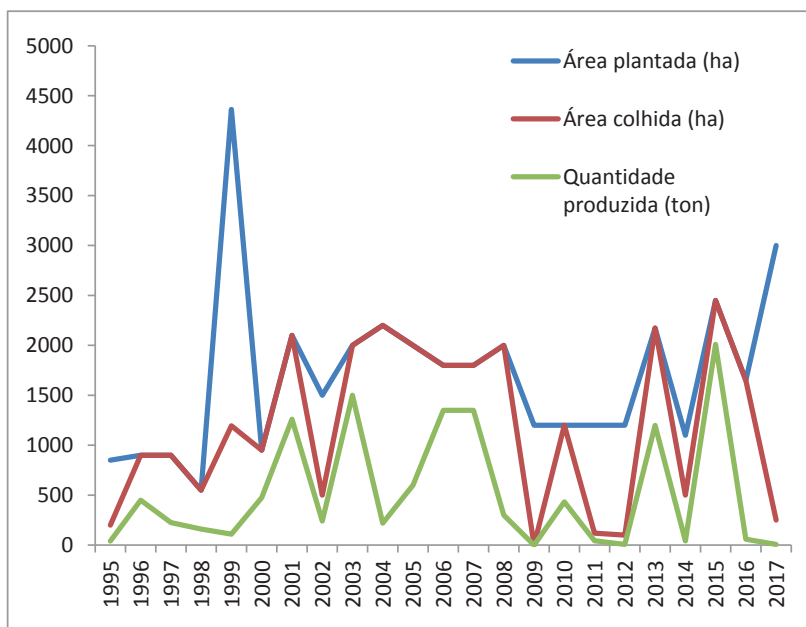



Gráfico 5 – Comparativo entre área plantada e área colhida – Milho
Fonte: IBGE, 2018

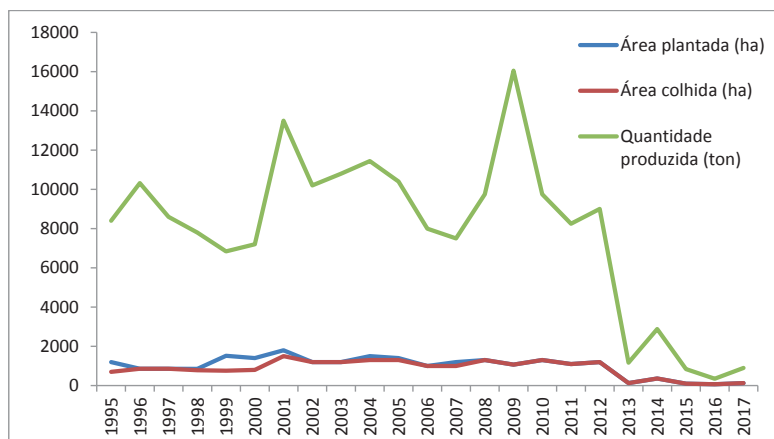



Gráfico 6 – Comparativo entre área plantada e área colhida – Mandioca
Fonte: IBGE, 2018

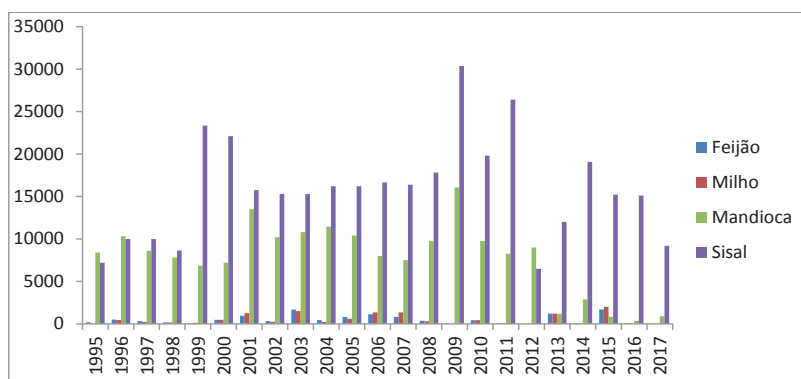



Gráfico 7 – Comparativo de quantidade produzida em toneladas – Lavouras permanente e temporária
Fonte: IBGE, 2018

Com relação ao impacto das leis estaduais que poderiam interferir na preservação da caatinga no município de Conceição do Coité não houve aparentemente resultados práticos significativos. Em 2011, estabeleceu-se a Política de Educação Ambiental, que previa, entre outras finalidades, a participação comunitária para a proteção e conservação do meio ambiente, como exercício da cidadania. Para tanto, seriam indispensáveis a oferta de assistência técnica abrangente e a de cursos de capacitação para a formação continuada dos agricultores, o que na prática não se efetivou como deveria.

Mais recentemente, em 2016, foram estabelecidos o Programa de Regularização Ambiental de Imóveis Rurais do Estado da Bahia, que contempla reservas legais, e a Área de Preservação Permanente – APP. A vegetação de caatinga no município de Conceição pode se beneficiar da aplicação dessas medidas, pois, em 2014, foi criada a Política Municipal de Meio Ambiente, que passou a considerar a Serra do Mocambo como reduto de formação florestal no município e todo o bioma caatinga, seus remanescentes

e "capoeiras" como Área de Preservação Permanente.

As leis ambientais municipais se restringiram, em geral, no período estudado, a artigos pontuais no código de postura do município, a exemplo do que foi estabelecido em 1999, que proíbe o corte de árvores frutíferas típicas do semiárido, como o umbuzeiro e o cajueiro; e no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano – PDDU, em 2005, em que é proposta a arborização da área urbana de Conceição do Coité. Além disso, em 2009, o Programa Terra Produtiva, entre outras proposições, com foco no trabalhador da agricultura familiar, incentivou a preservação ambiental, através de ações como a distribuição de sementes de árvores nativas, e indicou a necessidade de uma política de gestão ambiental no município. Outro projeto, "Uma criança, uma árvore", de 2010, que propunha a distribuição de mudas para cada criança coiteense nascida na maternidade, seria interessante para incentivar importância da necessidade de conscientização da preservação ambiental, mas não teve efeitos práticos. Mais atual e completa, a Política Municipal de Meio Ambiente, mesmo ainda sem resultados significativos, é a esperança de mudanças efetivas na gestão ambiental do município.

Na caatinga do município de Conceição do Coité não se verificaram alterações importantes relacionadas à implantação de leis ambientais, possivelmente por serem deficientes a assistência técnica rural, essencial para se promover orientação quanto a essas leis, e a fiscalização para o efetivo cumprimento delas. Em 2012, o novo Código Florestal definiu as áreas correspondentes à reserva legal; porém, a única área em que se constata preservação, através da destinação de seu espaço para essa finalidade, é a porção nordeste do território do Assentamento Nova Palmares, onde houve aumento da vegetação nativa (Figura 3).

A partir da análise dos dados relacionados à pecuária e agricultura em Conceição do Coité, e em comparação com o Gráfico 8, que demonstra a evolução de uso e cobertura da terra no município, verifica-se que essas atividades econômicas

têm ganhado cada vez mais espaço frente à caatinga (formação savânica), que domina a maior parte do território municipal.

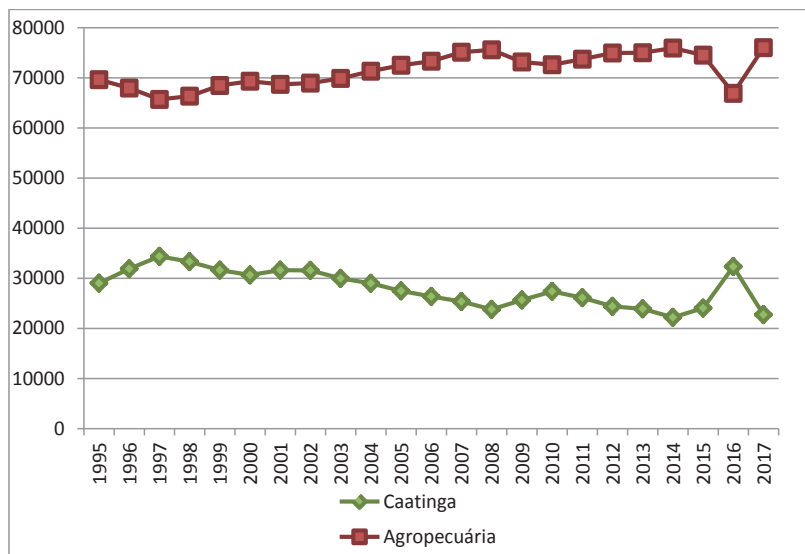



Gráfico 8 – Uso e cobertura da terra no município de Conceição do Coité entre 1995 e 2017

Fonte: Mapbiomas, 2018

Comparando-se os anos de 1995 a 2017, conforme o Gráfico 8, nota-se que há um crescimento contínuo da classe agropecuária e uma redução também contínua da caatinga, ou seja, o crescimento da agropecuária é inversamente proporcional ao da caatinga. Observa-se que há um crescimento pontual na área de caatinga entre os anos de 2015 e 2016 e a consequente redução nesse mesmo momento da área de agropecuária.

Quando observamos os dados de transição do MapBiomas representados na Figura 4, percebemos que a agropecuária foi a classe que mais ganhou área no município de Conceição do Coité, sendo predominante em todo o território, principalmente na

porção norte e central do município (Figura 4). A área urbana da cidade de Conceição do Coité, distrito-sede, também foi ampliada.

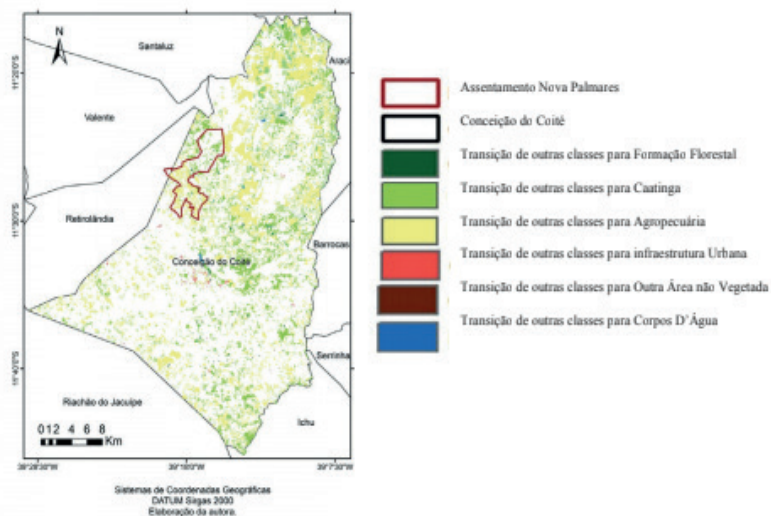



Figura 4 – Mapa de transição de uso e ocupação da terra no município de Conceição do Coité – 1995 a 2017
Elaboração das autoras

Conclusão

As alterações na caatinga do município de Conceição do Coité são históricas e contínuas em permanente evolução. No período estudado, entre 1995 e 2017, percebeu-se que a agropecuária foi a classe de uso e cobertura da terra que mais provocou supressão da vegetação nativa. Ou seja, o crescimento da agropecuária se dá inversamente proporcional ao da caatinga.

O rebanho bovino, apesar de não ser o mais numeroso, demanda maior área para a sua produção, fazendo avançar as áreas de pastagem sobre a caatinga. A ovinocaprinocultura, por sua vez,

se mostra mais adaptada às condições semiáridas. Por esse motivo, esse rebanho teve sua produção incentivada por programas governamentais, como o Cabra Forte, por exemplo, e apresentou incremento no seu rebanho. A cadeia produtiva da ovinocaprinocultura deve continuar sendo o foco de incentivos, principalmente, na etapa de sua comercialização, para que haja expansão do mercado e incentive o aumento da produtividade.

O sisal, produto mais importante no cenário agrícola coiteense, passa por oscilações constantes da produção, seja por interferência das secas ou, até mesmo, em função da dinâmica de variação de preços no mercado internacional. O segundo produto agrícola de maior relevância para o município de Conceição do Coité é a mandioca, porém, nos últimos anos, desde 2012 até 2017, houve uma redução expressiva da área plantada e da produção. Trata-se de uma cadeia produtiva que emprega muitas pessoas, principalmente no beneficiamento dos subprodutos, mas que se mostra extremamente vulnerável nos períodos de estiagem. É o que também ocorre no cultivo do milho e feijão, que tem um ciclo de vida ainda mais curto, e cuja produção se restringe aos períodos conhecidamente mais chuvosos, tendo sua produção limitada aos meses de inverno e destinada, majoritariamente, ao consumo das famílias locais.

As leis ambientais implantadas ao longo do período de estudo não conseguiram conter a redução da caatinga no município de Conceição do Coité. As análises demonstram que as oscilações de redução e, em menor grau, de expansão da vegetação nativa não ocorreram em função da aplicação da legislação. O fenômeno esteve mais vinculado à expansão e retração do rebanho bovino e das lavouras de sisal, mandioca, feijão e milho. As leis ambientais, mesmo não gerando efeitos práticos imediatos, são essenciais para a garantia da preservação do que resta de caatinga no território. A orientação e fiscalização efetivas quanto à reserva legal podem ser um caminho viável para a criação de uma consciência coletiva sobre a conservação da caatinga.

As políticas de fortalecimento da cadeia produtiva da ovinocaprinocultura constituem um caminho para o estabelecimento de um dinamismo na pecuária do município de Conceição do Coité, colocando-a como uma alternativa possível ao rebanho bovino, pois este, diferentemente dos rebanhos ovino e caprino, demanda maiores áreas para a produção e não apresenta adaptabilidade satisfatória ao clima semiárido. Os incentivos à produção da ovinocaprinocultura não podem se dar apenas com a viabilização do rebanho no campo, mas, principalmente, através da criação de mercados institucionais e convencional para o consumo de carne e outros derivados, como o queijo, por exemplo. O incentivo à produção de mel também pode ser uma estratégia para garantir a viabilidade econômica da preservação da caatinga no município.

Referências

ALVES, J. J. A.; ARAUJO, M. A.; NASCIMENTO, S. S. Degradação da caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Caminhos da Geografia** – revista online. Uberlândia, v. 9, n. 26, jun. 2008, p. 143-155. ISSN 1678-6343. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15740>. Acesso em: 20 out. 2017.

BEUCHLE, R. *et al.,* Land Cover changes in the Brazilian Cerrado and Caatinga biomes from 1990 to 2010 based on a sistematic remote sensing sampling. 2015). **Applied Geography,** 58, 116 e 127, 2015. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143622815000284>. Acesso em: 02 ago. 2017.

BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA e INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS

RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. **Caatinga.** Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite – BIOMAS. RELATÓRIO TÉCNICO 2009 – 2010. Revisado em novembro de 2016. Brasília, DF. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80120/HEX_RelatorioBiomaCaatinga_2009-2010_V2-MMA.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2018.

FREIXO, A. A. Do sertão dos Tocós ao Território do Sisal: rumo à invenção de uma região e uma vocação. **Revista Geografares**, n. 8, 2010. Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/geografares/article/download/1287/969>. Acesso em: 24 set. 2018.

HUBSCHMAN, Jacques. Olhar sobre o sisal: as pesquisas sobre o meio, a paisagem e a sociedade no sertão sisaleiro na Bahia. In: LAGE, C. S. *et al*., *O sisal baiano*: entre natureza e sociedade – uma visão multidisciplinar. Salvador: EDUFBA, 2002, p. 19-24

IBGE. **Censos Agropecuários de 1995/1996 e 2006**. Disponível em: <https://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm>. Acesso em: 25 set. 2018.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro, 2. ed. 2012. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv63011.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2018.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal**. 2018. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 20 set. 2018.

IBGE. **Produção Pecuária Municipal**. 2018. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2017> Acesso em: 20 set. 2018.

LOBÃO, J. S. B. e SILVA, Barbara-Christine Marie Nentwig. *Análise socioambiental na região semiárida da Bahia*: geoprocessamento como subsídio ao ordenamento territorial. Feira de Santana: UEFS Editora, 2013.

MAPBIOMAS. **Downloads**. 2018. Disponível em: <http://mapbiomas.org/pages/downloads>. Acesso em: 15 set. 2018.

MAPBIOMAS. **Cobertura e uso do solo**. 2018. Disponível em: <http://mapbiomas.org/map#coverage>. Acesso em: 15 set. 2018.

MAPBIOMAS. **Metodologia**. 2018. Disponível em: <http://mapbiomas.org/pages/atbd>. Acesso em: 15 set. 2018.

MARQUES, Nonato. Histórico sobre a cultura do sisal. In: LAGE, C. S. *et al.*, *O sisal baiano*: entre natureza e sociedade – uma visão multidisciplinar. Salvador: EDUFBA, 2002, p. 15-18.

OASHI, M. C. G. Estudo da cadeia produtiva como subsídio para pesquisa e desenvolvimento do agronegócio do sisal na Paraíb**a**. Florianópolis, 1999. 79p. Tese (Doutorado) em Engenharia de Produção – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC. Disponível em: <http://www.eps.ufsc.br/teses99/oashi/cap4.html>. Acesso em: 02 mai. 2012.

Proposta de zoneamento ambiental para o município da Matola em Moçambique

Euclides Délio Matule
Flávio Jorge Ponzoni
Joselisa Maria Chaves

Introdução

O zoneamento é a etapa fundamental para as atividades de manejo e gestão de um espaço geográffico, que pode ser subdividido em zonas homogêneas quanto à possibilidade de um dado empreendimento humano ser viável e sustentável dos pontos de vista socioeconômico e ambiental. Trata-se de uma ferramenta relativamente simples e extremamente prática para que a sociedade civil e os empreendedores conheçam as vulnerabilidades e potencialidades de cada local ou região, que, quando se fundem, possibilitam o estabelecimento de zonas de desenvolvimento cuja base é a homogeneidade dos atributos naturais e sociais. Com efeito, o zoneamento permite que os empreendedores conheçam previamente as peculiaridades e exigências ambientais para se instalar num dado local (SCOLFORO *et.al.,* 2009).

Zoneamento é mais que a identificação, localização e classificação dos atributos de um território (CADAVID GARCÍA,1991). Ele deve ser entendido, também, como o resultado de análises dinâmicas e regionalização de atributos relevantes, sendo a integração das análises. Neste sentido, o zoneamento, independentemente de sua adjetivação, define as zonas "homogêneas"

dentro de uma determinada região, segundo critérios de agrupamentos preestabelecidos, cujos resultados podem ser apresentados na forma de mapas temáticos ou matrizes.

Nos termos do artigo 10 da Lei nº 19/2007 de Moçambique, o zoneamento é um instrumento de ordenamento territorial de caráter geral, o que o define como informativo e indicativo, elaborado com base na qualificação dos solos, existência de recursos naturais e na ocupação humana, que qualifica e divide o território em áreas vocacionadas preferencialmente para determinadas atividades de caráter econômico, social e ambiental (MOÇAMBIQUE, 2007).

Segundo o artigo 60 do Decreto nº 23/2008, que regulamenta o Ordenamento do Território de Moçambique, constitui objetivo do zoneamento salvaguardar as qualidades ecológicas e ambientais das diversas regiões do território nacional, definindo limites à sua ocupação humana, exploração econômica e qualquer outra forma de utilização, de forma a impedir a sua degradação ambiental e a fomentar o seu uso sustentável (MOÇAMBIQUE, 2008). De acordo com o artigo 61 do referido decreto, constituem-se elementos integrantes do zoneamento os seguintes itens:

a) A definição e localização geográfica e a caracterização ambiental das áreas a considerar para zoneamento;

b) A caracterização das formas de ocupação dos terrenos dentro das áreas a considerar para zoneamento, incluindo os direitos estabelecidos por Direito de Uso e Aproveitamento da Terra (DUAT), ou outros;

c) A caracterização das qualidades naturais estabelecidas como únicas da área a considerar;

d) A caracterização das relações de interdependência natural, infraestrutura administrativa, econômica, ou outras, da área a considerar, com a região onde se insere;

e) A história da ocupação humana da área a considerar.

No entanto, a identificação e delimitação de zonas ambientais sempre obedecem a algum critério, quer seja empírico, quer seja

técnico. Em um zoneamento ambiental, os fatores que compõem o meio físico, biótico, cultural e socioeconômico, com suas vocações e fragilidades, devem ser considerados, assim como suas inter-relações. Esse procedimento é crucial por ser a base para o planejamento ambiental, possibilitando uma clara visualização de áreas susceptíveis a processos naturais assim como de áreas com maior ou menor aptidão para a implantação de atividades específicas, de acordo com os níveis de aptidão das áreas para cada atividade (SANTOS; CÂNDIDO, 2013; MONTAÑO *et al.*, 2005).

A elaboração de um zoneamento ambiental pressupõe o que é básico: uma política de desenvolvimento que se deseja realizar ou manter em um dado território (MACEDO, 1998, *apud* MONTAÑO *et al.*, 2007). Se bem utilizado, o zoneamento ambiental constitui-se no melhor instrumento de auxílio aos gestores dessa política e a todas as demais partes envolvidas: investidores, empresários, trabalhadores, mercados, Poder Público, entre outras.

Logo, compreender as dinâmicas de ocupação do espaço em relação à redução da área da cobertura vegetal no município da Matola e a legislação, pode proporcionar medidas interventivas na redução dos impactos ambientais na urbanização, ao criar, assim, uma ferramenta para a tomada de decisão por parte do governo municipal em relação à forma pela qual a expansão urbana será feita, bem como a tipologia de construção, a criação de áreas verdes, áreas de proteção e conservação. Tais ações visarão a evitar possíveis ilhas de calor e o aumento das temperaturas, a poluição do ar, a redução da umidade relativa, a deterioração da estética urbana, objetivando melhores planejamentos urbano e ambiental do município. Em consequência, o Zoneamento Ambiental torna-se uma estratégia para sua efetivação.

Considerando esses aspectos, a pesquisa analisa de que forma o Zoneamento Ambiental pode contribuir para o planejamento urbano e ambiental do município da Matola, em Moçambique, partindo da hipótese de que a expansão urbana, quando não

estruturada, impacta na redução da área da cobertura vegetal e, consequentemente, potencializa a degradação do meio ambiente e a qualidade ambiental.

Procedimentos metodológicos

Área de estudo

O município de Matola localiza-se na parte sul de Moçambique, dentro da província de Maputo, e ocupa área de 368,4 km^2. Situa-se aproximadamente entre os paralelos 25° 41' 36" e 25° 50' 36" de latitude Sul e entre os meridianos 32° 24' 02" e 32° 35' 12" de longitude Leste (CMCM, 2010).

O nome Matola provém de Matsolo, povo Bantu que se fixou na região a partir do século II. Em 1895, a área de Matola foi incluída na 1ª Circunscrição Civil de Marracuene, no então distrito de Lourenço Marques, quando Moçambique era colônia portuguesa. A povoação foi criada pela Portaria nº 928, de 12 de outubro de 1918 (INE, 2009). O município subdivide-se em três postos administrativos, nomeadamente: Posto Administrativo da Matola Sede, Posto Administrativo da Machava e Posto Administrativo do Infulene, tendo 42 bairros (Tabela 1).

Limita-se a noroeste e a norte pelo distrito de Moamba; a oeste e a sudoeste pelo distrito de Boane. Ao sul faz fronteira com a cidade de Maputo, através do distrito municipal da Katembe, separado da Baía de Maputo. A leste é limitado pela cidade de Maputo e a nordeste faz fronteira com o distrito de Marracuene (INE, 2009) (Figura 1).

Tabela 1 – Divisão administrativa do município da Matola

Posto Administrativo	Bairros
Matola Sede	Matola A, Matola B, Matola C, Matola D, Matola F, Matola G, Matola H, Matola J, Fomento, Liberdade, Mussumbuluco, Malhampsene e Sikwama
Machava	Bairros do Infulene, Unidade A, Trevo, Patrice Lumumba, Machava Sede, São Damaso, Bunhiça, Tsalala, Km-15, Matlhemele, Kobe, Matola Gare, Singathela e Siduava
Infulene	Zona Verde, Ndlavela, Infulene D, T-3, Acordos de Lusaka, Vale do Infulene, Khongolote, Intaca, Muhalaze, 1º de Maio, Boquisso A, Boquisso B, Mali, Mucatine e Ngolhosa

Fonte: CMCM (2010). Org. Os Autores, 2015

Vários complexos morfológicos estão incluídos na área do município, desde o vale de Infulene (rio Mulaúze) a leste até ao rio Matola a oeste. A região da Baía, onde se situa o município, está caracterizada por uma vasta área de planície que se mantém acima dos 40m de altitude, entrecortada por talvegues secundários e depressões (CMCM, 2010). Os cursos d'água que drenam a área da Matola são o rio Mulaúze e o rio Matola, ambos desaguam por um estuário que forma a Baía de Maputo. Existem também diversas depressões sem escoamento que drenam por infiltração, principalmente na planície da Machava, além de pequeno lagos situados nos bairros Bunhiça, São Damaso, Kobe e Boquiço A.

O município da Matola situa-se numa área formada no período Quaternário, que é caracterizada por variações climáticas e flutuações do nível do mar e a topografia, predominantemente de relevo, é a de uma planície arenosa com colinas e dunas onduladas com inclinação para o estuário (INIA, 1993).

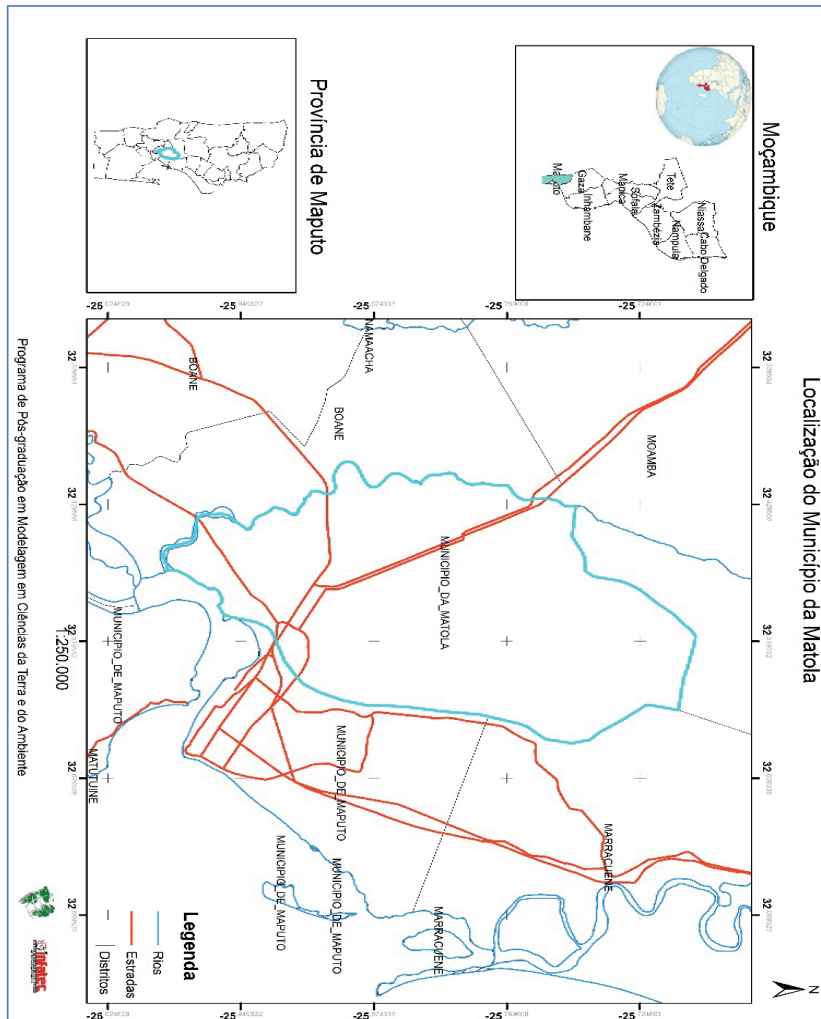



Figura 1 – Enquadramento geográfico do município da Matola
Fonte: Base de dados do CENACARTA (1999)

A principal unidade geológica da paisagem Quaternária é um manto com mais de 20m de espessura de cor castanho-amarela, salino-sódico, calcário, franco-argiloso-arenoso, formando largas áreas de ligeira inclinação denominadas "Mananga". Nas áreas altas e arenosas, a água da chuva infiltra-se e o excesso percola no subsolo; as águas superficiais, devido às colinas e dunas onduladas, com inclinação para o estuário, drenam em direção à Baía.

A cobertura vegetal é de Savana (GAVIRIA; MUCHANGOS, 1986). De acordo com a classificação de Koppen, o clima dominante é do tipo Aw, tropical de Savana, com duas estações, uma quente e chuvosa (outubro a março) e outra fria e seca (abril a setembro). As temperaturas médias anuais variam entre 22 e 24 graus centígrados, com uma precipitação média de 600 a 1000mm por ano.

Segundo o Censo Populacional de 2017, o município tem uma população de 1.032.197. habiitantes, sendo 495.259 homens e 536.938 nulheres, repartida pelos 42 bairros (INE, 2019). Conta com 19 Unidades de Saúde, 12 das quais são Centros de Saúde, e estes possuem 6 maternidades; 5 Postos de Saúde; 1 Hospital Geral na Machava, especializado no tratamento da tuberculose, 1 Hospital Provincial. Para cada unidade há, em média, 53.083 habitantes e 84.932 para cada Posto de Saúde (CMCM, 2010).

O setor da educação apresenta alguns problemas, como a falta de infraestrutura e a deficiência dos serviços oferecido. A rede escolar é constituída por 57 unidades de Ensino Primário (EP) de 1.º grau. O Ensino Primário de 2.º grau dispõe de 36 unidades. O EP2 do curso noturno funciona em cinco unidades. No âmbito do Ensino Secundário Geral do 1º ciclo, que leciona da 8ª à 10ª classe, funcionam quatro unidades. O município conta com apenas uma única unidade do ESG 2º ciclo, que leciona a 11ª e 12ª classes. Em relação ao ensino técnico, Matola dispõe de várias unidades. Desde 1998, o município conta com o funcionamento de um Instituto de Magistério Primário (IMAP) e várias instituições de for-

mação técnico-profissional. Além dos serviços referidos, funciona também o ensino privado, com 13 estabelecimentos de EP1. Para minimizar a deficiência que se encontra neste setor, o Conselho Municipal da Matola planeja, numa primeira fase, expandir o EP2 para os bairros da Matola A, Matola C e Malhampsene; abertura de novas unidades de ensino nos bairros Mali, Ndlavela, Hanhane e Mastrong.

O saneamento básico do município é outro problema grave e o abastecimento de água chega a ser dramático. A rede principal que distribui a água está ligada à rede geral que abastece a cidade de Maputo. Os bairros da área urbana e suburbana possuem uma rede completa de abastecimento domiciliar (água encanada), a qual também se estende aos parques industriais localizados nas principais vias de acesso.

O município possui dois depósitos de água, um localizado na Matola-sede e outro na Machava. Alguns bairros suburbanos e periurbanos, além de se beneficiar de fontenários instalados na rede geral de abastecimento, contam, igualmente, com água subterrânea obtida através de poços. Na área urbana, o sistema de saneamento funciona através de fossas sépticas familiares. Nas áreas suburbanas e periurbanas, a grande maioria utiliza latrinas (banheiro tradicional), sendo umas melhoradas e outras que não oferecem aceitáveis condições sanitárias. A drenagem de águas pluviais é feita naturalmente ao longo das vias asfaltadas e em terra batida, provocando na maioria dos casos a erosão e destruição dos acessos. O lixo doméstico não tem tido tratamento adequado, o que causa doenças, tais como a malária, diarreias, cólera, e mortes, sobretudo nas crianças e mulheres. A coleta de lixo tem sido regular na área urbana e, nas áreas suburbana e periurbana, feita de forma irregular ou inexistente, motivo pelo qual a população enterra-o em seus lotes.

A industrialização é expressiva, concentra cerca de 60% do parque industrial do país. Sua importância esteve, desde o

início, associada ao crescimento das relações econômicas entre Moçambique e a África do Sul, que permitiu o desenvolvimento industrial, dos transportes e das comunicações. Com efeito, as atividades econômicas baseiam-se no desenvolvimento da agricultura comercial e na extensa rede de indústrias, transportes e comunicações.

Material e método

O método utilizado apoia-se nas geotecnologias, a partir do processamento digital de imagens de satélite dos sensores TM/Landsat 5 e OLI/Landsat 8, órbita/ponto 167/78 WRS-2 de 23/07/1997, 19/07/2007 e 08/09/2014, projeção UTM, Zona 36S e Datum WGS84, adquiridas nos sites <www.earthexplorer.usgs.gov>, <www.glovis.usgs.gov>e <www.glcfapp.glcf.umd.edu> para a elaboração de mapas de cobertura vegetal (Mapas de Índice de Cobertura Vegetal – ICV).

Para a extração da informação referente à cobertura vegetal, recorreu-se à técnica de segmentação de imagens, composição R4G5B3 (TM) e R5G6B4 (OLI), usando o método de crescimento por regiões com critérios de similaridade 4 e área 2 para a imagem de 1997 e critério de similaridade 5 e área 3 para as imagens de 2007 e 2014, respectivamente. Em seguida, fez-se a classificação supervisionada por regiões (apenas classe vegetação), usando o classificador/algoritmo *Bhattacharya*, limiar de aceitação de 95%, com 5 interações.

Após o mapeamento de toda a cobertura vegetal do município e posterior quantificação em m^2/ km^2, e conhecendo a área total estudada, também em m^2/ km^2, foram calculados os índices de cobertura vegetal natural (MOURA E NUCCI, 2008; GONÇALVES *et al.*, 2012; LUZ E RODRIGUES, 2014).

Utilizou-se uma imagem Shuttle Radar Topography Mission – SRTM, adquirida através do endereço <http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp>, na resolução espacial de 90 metros; a precisão vertical global é de ±16 m e horizontal de ±20 m (RABUS *et al.*, 2003) para a elaboração do mapa de declividade, o que exigiu converter o sistema de coordenadas nativo do SRTM para UTM. Em seguida, foi elaborado o mapa Hipsométrico do município. Usando a ferramenta de análise 3D, isto é, *surface analysis*, escolheu-se a opção *slope* e a opção porcentagem. Foi gerado o mapa de declividade com 6 classes: Classe A, Plano (0-3%); Classe B, Suave Ondulado (3-8%); Classe C, Moderadamente Ondulado (8-13%); Classe D, Ondulado (13-20%); Classe E, Forte Ondulado (20-45%) e Classe F, Montanhoso ou Escarpado (> 45%). Por motivos práticos, foram aglutinadas as Classes E e F, passando a ser designada de Classe E, Forte Ondulado e Montanhoso ou Escarpado (> 20%).

Usou-se também a base de dados cartográfica digital, referente a mapas temáticos (solos, geologia e precipitação), escala de 1:1.000.000 obtida no Centro Nacional de Cartografia e Teledetecção (CENACARTA) de Moçambique.

A partir dessa base, fez-se o recorte da área do município e posterior mudança da nomenclatura nas classes temáticas do mapa geológico — considerou-se apenas uma litologia, a de Depósitos de Quaternário —, o que incluiu terraços para Sedimentos Inconsolidados. O mapa de solos contém duas classes: a Chromic Cambisol, que passou a ser considerada Cambissolos, e a de Ferralic Arenos em Neossolos. O mapa de intensidade pluviométrica foi elaborado a partir do mapa da precipitação média anual, dividido pelo número de dias com chuva, transformados em meses, observando-se duas classes, a de 600mm e 700mm.

A elaboração das propostas de Zoneamento Ambiental para o município da Matola teve como base a análise da Ecodinâmica, a partir da qual elaborou-se o mapa de Vulnerabilidade à Perda do

Solo. Essa análise foi feita a partir da metodologia desenvolvida por Crepani *et al*., (1996), que tem como base o conceito de Ecodinâmica de Tricart (1977) e da potencialidade para estudos integrados das imagens de satélite, que permitem visão sinótica, repetitiva e holística da unidade de paisagem, com o objetivo de subsidiar o Zoneamento (CREPANI *et al*., 2008).

Para se analisar uma unidade de paisagem é necessário conhecer sua gênese, constituição física, forma e estágio de evolução, bem como o tipo da cobertura vegetal que sobre ela se desenvolve. Essas informações, que são fornecidas pela geologia, pela geomorfologia, pela pedologia e pela fitogeografia, precisam estar integradas para que se tenha um retrato fiel do comportamento de cada unidade frente à ocupação dos solos. Finalmente, é necessário o auxílio da climatologia para que se conheçam algumas características climáticas da região onde se localiza a unidade de paisagem, a fim de que se anteveja o seu comportamento frente às alterações impostas pela ocupação (CREPANI *et al*., 2001).

Cada componente — geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, clima e intervenção antrópica — participa dessa dinâmica de forma integrada (CREPANI *et al.,* 2008). Essa vulnerabilidade é analisada a partir da caracterização morfodinâmica dessas unidades, segundo critérios desenvolvidos por Crepani *et al.,* (1996). Esses critérios permitiram criar um modelo com o qual se buscou avaliar, de maneira relativa e empírica, o estágio de evolução morfodinâmica das unidades de paisagem do município, ao qual foram atribuídos valores de estabilidade às categorias morfodinâmicas (Tabela 2). Estes valores foram atribuídos após a conversão dos mapas temáticos para o formato *raster*.

Tabela 2 – Valores de estabilidade atribuídos às categorias morfodinâmicas

Tema	Classe		Valor
Geologia	Sedimentos Inconsolidados		3,0
Declividade	Declividade (%)	< 3,5	1,0
		3,5 – 5,8	1,1
		5,8 – 8,2	1,2
		8,2 – 10,3	1,3
		10,3 – 12,9	1,4
		12,9 – 15,1	1,5
Solos	Cambissolos		2,5
	Neossolos		3,0
Vegetação	Índice de Cobertura Vegetal	Muito Baixo	3,0
		Baixo	2,5
		Médio	2,0
		Alto	1,5
		Muito Alto	1,0
Clima	Intensidade Pluviométrica	(600mm) 194,2	1,6
		(700mm) 226,5	1,8

Fonte: Elaboração pelos Autores em 2015 a partir de Crepani *et al.,* (2008)

Uma vez atribuídos valores para todas as classes de todos os mapas temáticos, fez-se a integração desses mapas recorrendo a técnica de álgebra de mapas, gerando-se o Mapa de Vulnerabilidade à Perda de Solo, cujo valor final resultou da média aritmética dos valores individuais de cada tema, recorrendo-se à seguinte equação:

$$V = \frac{G+R+S+Vg+C}{5} \quad (1)$$

Onde:
V = Vulnerabilidade da Unidade de Paisagem
G = Vulnerabilidade para o tema Geologia
R = Vulnerabilidade para o tema Geomorfologia (Relevo)
S = Vulnerabilidade para o tema Solos
Vg = Vulnerabilidade para o tema Vegetação
C = Vulnerabilidade para o tema Clima

Desta operação resultaram sete classes de vulnerabilidade (Unidades de Paisagem), as quais foram adaptadas a partir da escala proposta por Crepani *et al.*, (2008). Os valores médios possuem valores entre 1,8 e 2,4, que foram fatiados em duas classes ou graus de Vulnerabilidade, isto é: (i) Moderadamente Vulnerável e (ii) Medianamente Estável/Vulnerável.

As propostas de Zoneamento Ambiental foram elaboradas a partir da álgebra de mapas, entre os Mapas de Vulnerabilidade à Perda de Solo e os Mapas de Espacialização do Índice de Cobertura Vegetal (ICV), obtidos nas imagens de satélites dos anos de 1997, 2007 e 2014.

Este procedimento foi crucial para representar espacialmente as combinações possíveis entre as duas classes de vulnerabilidade à perda de solo e as cinco classes do índice de cobertura vegetal, tendo-se obtido um mapa com 10 áreas heterogêneas. Estas foram agrupadas em cinco zonas, tendo como base de sua divisão a interpretação da legislação referente às necessidades de conservação e preservação do ambiente (as Políticas Nacionais de Terra, do Ambiente, de Florestas e Fauna Bravia, do Ordenamento do Território, da Conservação, da Gestão das Calamidades e os Regulamentos do Plano de Estrutura Urbana da Cidade da Matola – PEUCM e de Avaliação do Impacto Ambiental, assim como outras leis e regulamentos afins). Maiores detalhes destas políticas podem ser visualizadas em Matule (2016).

Posteriormente, foi elaborado o Mapa da Proposta de Zoneamento Ambiental, o qual apresenta cinco zonas: (i) a Zona de Conservação Total; (ii) a Zona Conservação de Uso Sustentável; (iii) a Zona de Expansão Urbana; (iv) a Zona de Controle Ambiental e (V) a Zona de Recuperação.

A elaboração desta proposta considerou trabalhos anteriores sobre esse tema na área de estudo. Em seguida, fez-se a fusão das imagens OLI/ Landsat 8 colorida (30m) e a pancromática (15m), visando, como resultado, à melhoria na qualidade da imagem, obtendo-se assim uma imagem colorida com 15m de resolução, o que facilitaria a delimitação de possíveis áreas de Unidades de Conservação (UC), isto considerando suas localizações e a quantidade de cobertura vegetal existente. Após o processo de fusão, foram vetorizadas as áreas de UC na escala de 1/30.000, definidas conforme as categorias de UC apresentadas na Lei 16/2014 e na Lei 19/1997.

Resultados e discussão

As propostas de zoneamento ambiental para o município da Matola tiveram como marco inicial a análise da vulnerabilidade à perda de solo, com a integração de cinco planos de informação (Geologia, Declividade, Solos, Vegetação e Clima) em um Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Para cada tema dos planos de informação apresentados realizou-se a caracterização quanto à morfogênese e pedogênese, representada pela atribuição de valores de estabilidade ou vulnerabilidade aos processos de perda de solo, tendo-se elaborado os mapas de vulnerabilidade à perda do solo de 1997 (Figuras 2 e 2B).

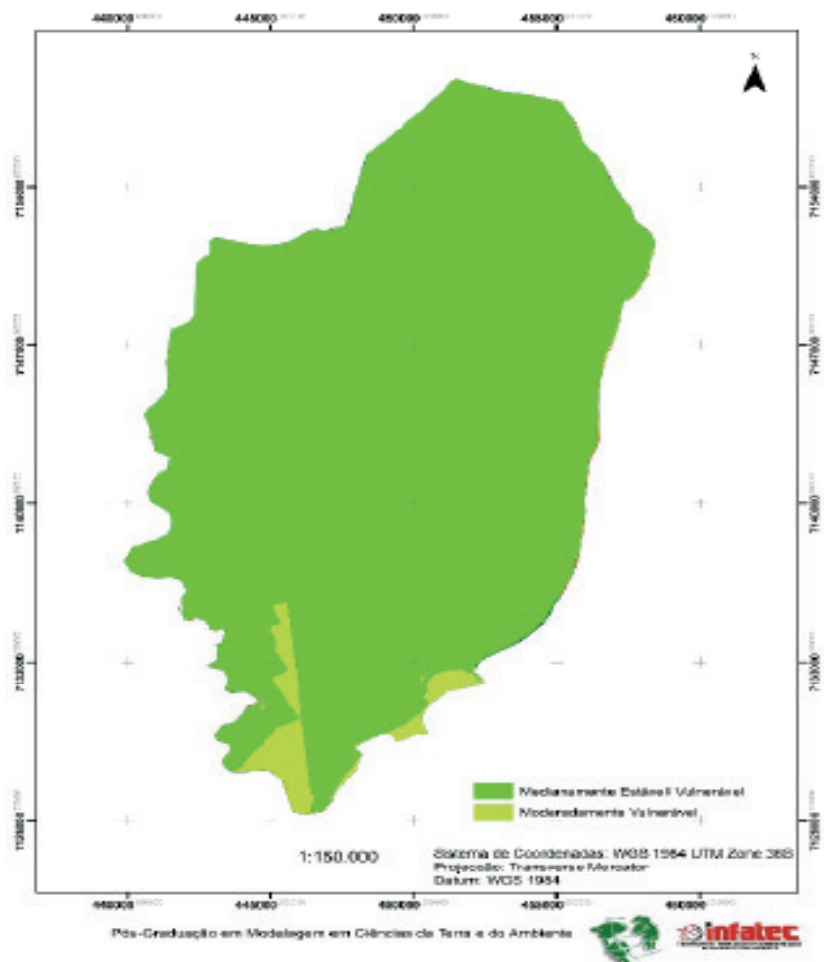



Figura 2 – Mapa de Vulnerabilidade à Perda do Solo em 2007 no município da Matola

Fonte: Elaboração pelos Autores, 2015

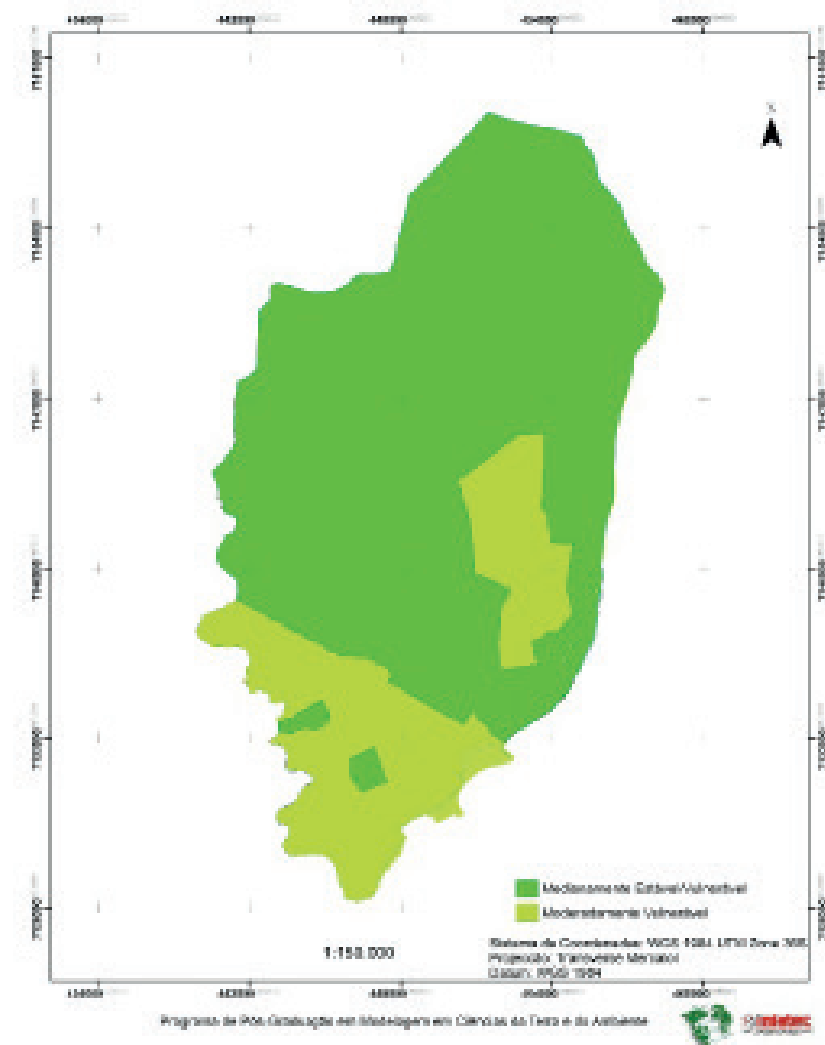



Figura 2B – Mapa de Vulnerabilidade à Perda do Solo em 2014 no município da Matola

Fonte: Elaboração pelos Autores, 2015

Porém, maior destaque e detalhadamento foram dados ao ano de 2014. Assim, com a atribuição dos valores de estabilidade a cada classe dos temas geologia, relevo, solos, vegetação e clima, tornou-se possível calcular um valor médio de vulnerabilidade para cada Unidade de Paisagem para o ano de 2014, usando-se as operações de álgebra de mapas (integração dos diferentes planos de informação), obtendo-se 7 classes de vulnerabilidade (Unidades de Paisagens) para o município. Tais valores permitem inferir que o município encontra-se em um estágio de equilíbrio entre a Pedogênese e a Morfogênese, como pode ser observado nas Figuras 2 e 2B.

Estes valores das unidades de paisagem foram fatiados para possibilitar a caracterização das diferentes unidades de paisagem da área de estudo em um mapa de vulnerabilidade à perda de solo.

Analisando-se o mapa observa-se que 74,2% da área do município podem ser considerados medianamente estável/ vulnerável e 25,8% moderadamente vulnerável.

A baixa variação das classes de solo, litologia e precipitação, assim como a configuração plana da área de estudo contribuíram para a existência das duas classes de vulnerabilidade.

Outro fator dessa vulnerabilidade é fato de o município ser constituído por rochas/solos sedimentares, que são considerados solos jovens e pouco desenvolvidos, isto é, sua característica principal é a pequena evolução dos perfis de solo.

Os mapas síntese das propostas de zoneamento ambiental de 1997 (Figura 3A), 2007 (Figura 3B) e 2014 (Figura 3C) foram elaborados considerando-se o grau de vulnerabilidade à perda de solo e o índice de cobertura vegetal, integrando as Políticas Nacionais de Terra, do Ambiente, do Ordenamento do Território e a Lei n.º 16/2014 (Lei da Conservação) — Política de Conservação e Estratégia — para a sua implementação, que evidenciam a necessidade de proteção e conservação do ambiente.

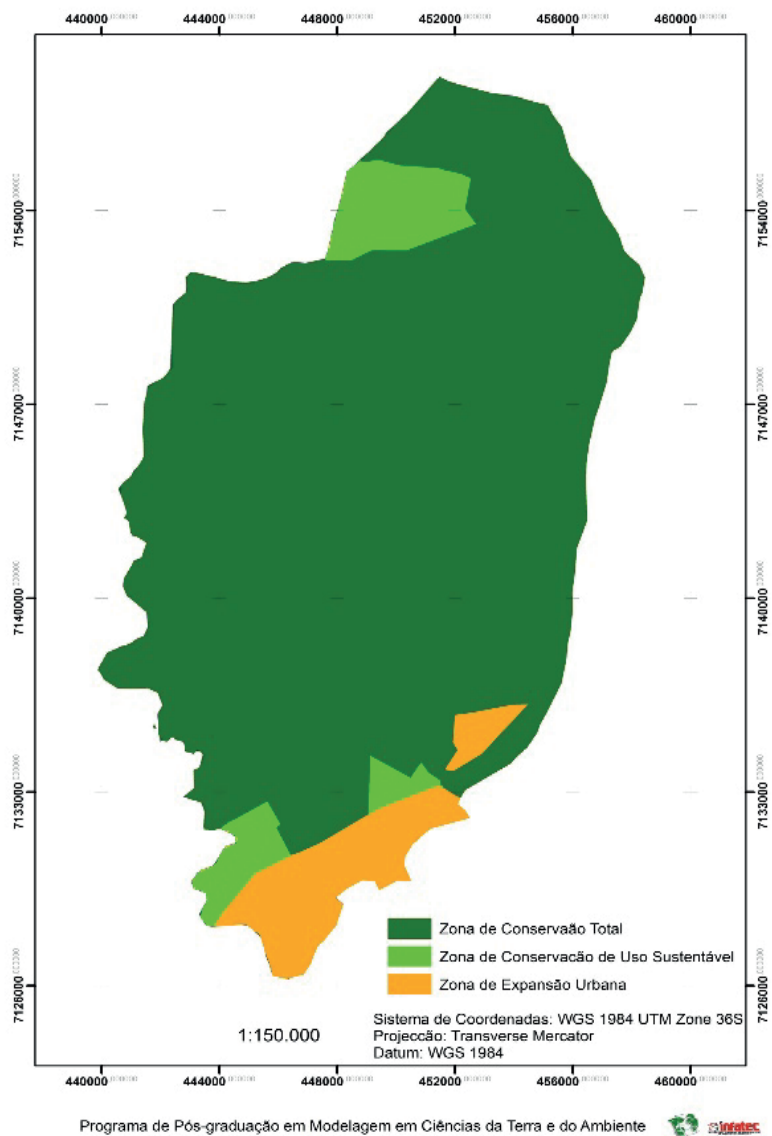



Figura 3A – Mapa-síntese das propostas de Zoneamento Ambiental de 1997 (A), 2007 (B) e 2014 (C) para o município da Matola

Fonte: Elaboração pelos Autores, 2015

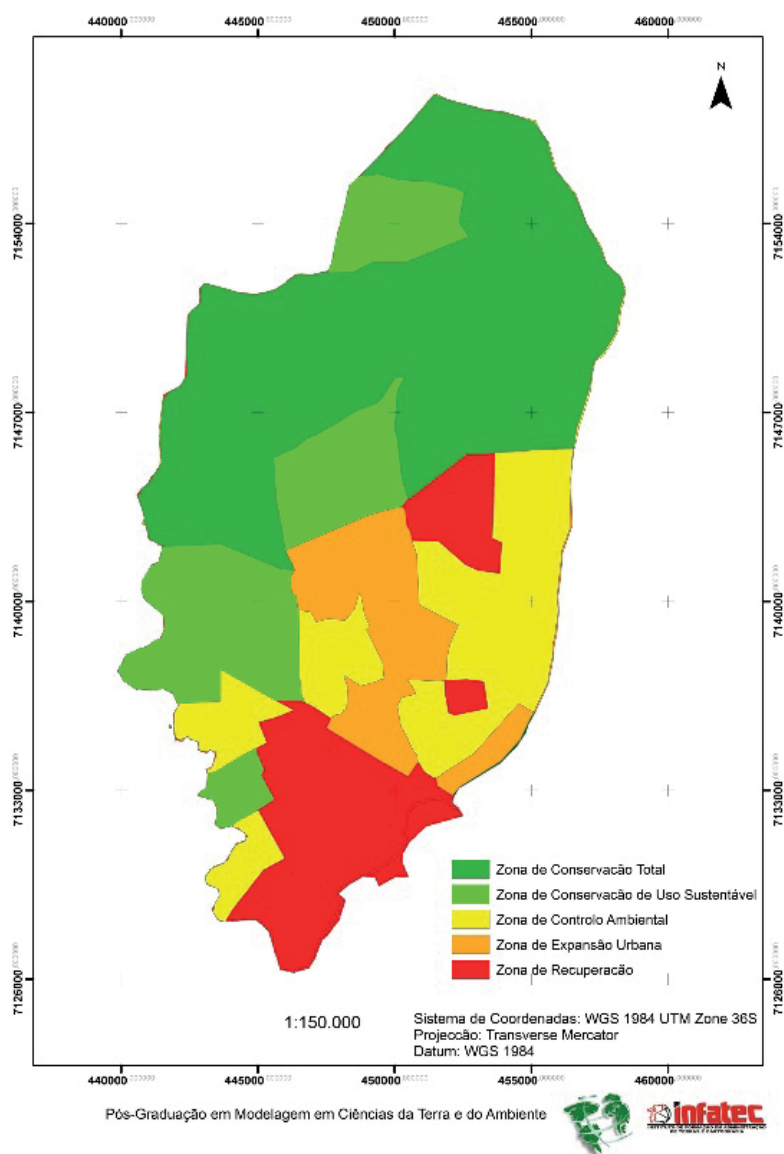



Figura 3B – Mapa-síntese das propostas de Zoneamento Ambiental de 2007 para o município da Matola

Fonte: Elaboração pelos Autores, 2015

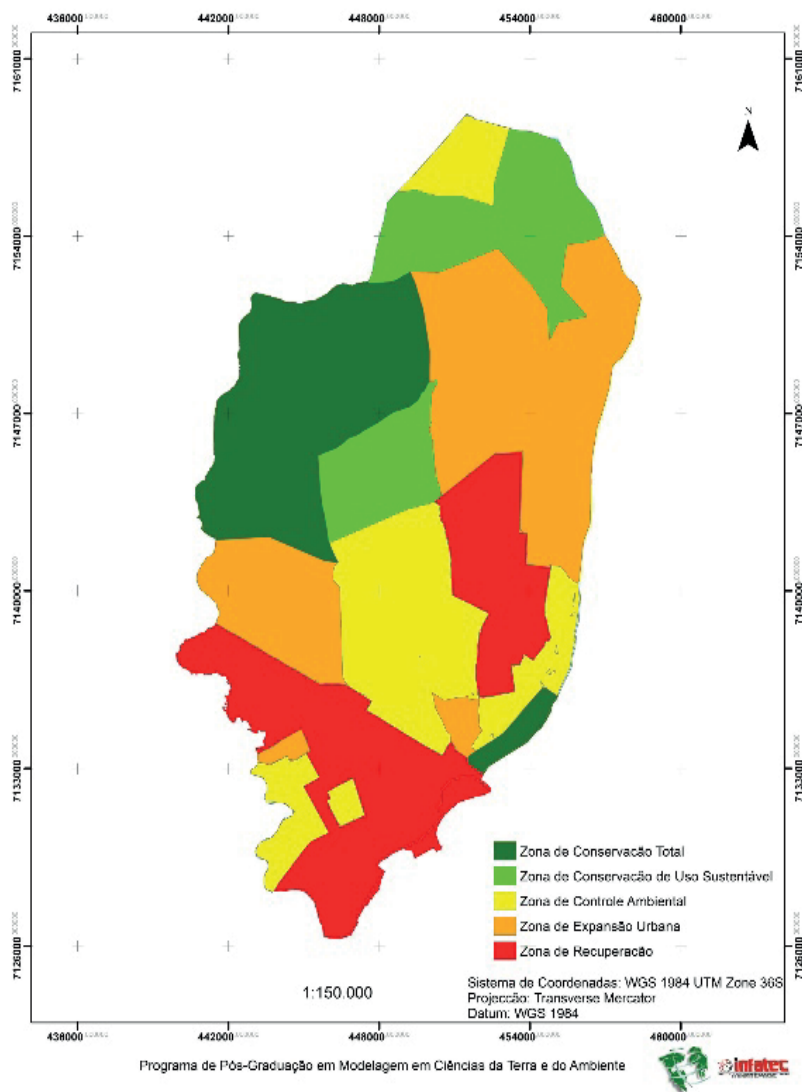



Figura 3C – Mapa-síntese das propostas de Zoneamento Ambiental de 2014 para o município da Matola
Fonte: Elaboração pelos Autores, 2015

Outros fatores importantes para a elaboração destas propostas foram as análises feitas sobre o rápido crescimento da mancha urbana, a redução da cobertura vegetal nos últimos 17 anos e o fato de o desenvolvimento urbano do município não ter observado a legislação, o que poderia contribuir para a limitação da ocupação de sua área urbana de forma rápida e não estruturada, bem como a criação de áreas de conservação e preservação.

Considerando-se esses fatores, foram elaboradas as propostas de Zoneamento Ambiental com as seguintes zonas:

(i) **Zona Conservação Total**

Refere-se às áreas de vulnerabilidade medianamente estável, com mais de 46% da ocupação pela cobertura vegetal. Esta zona foi definida tendo como base a Lei 16/2014 (parágrafo 4 do artigo 13) cujas áreas são consideradas de domínio público, destinadas à preservação dos ecossistemas e espécies sem intervenções de extração dos recursos, admitindo-se apenas o uso indireto dos recursos naturais com as exceções previstas na referida lei. Para esta zona são consideradas as seguintes categorias de manejo das áreas de conservação total (art. 14): a) reserva natural integral; b) parque nacional; c) monumento cultural e natural (Moçambique, 2014).

(ii) **Zona de Conservação de Uso Sustentável**

Refere-se às áreas de vulnerabilidade medianamente estável, com cerca de 35 a 46% de sua ocupação pela cobertura vegetal. Consideram-se áreas de conservação de uso sustentável as de domínio público e de domínio privado, destinadas à conservação, sujeitas a um manejo integrado com permissão de níveis de extração dos recursos, respeitando limites sustentáveis de acordo com os planos de manejo (parágrafo 5 do art. 13 da Lei 16/2014). São as seguintes, nos termos do art. 18, as categorias de manejo das áreas de conservação de uso sustentável: a) reserva especial; b) área de proteção ambiental; c) coutada oficial; d) área de

conservação comunitária; e) santuário; f) fazenda do bravio; g) parque ecológico municipal.

A reserva especial é uma área de domínio público do Estado, delimitada, destinada à proteção de uma determinada espécie de fauna ou flora raras, endêmica ou em vias de extinção, ou ainda que denuncie declínio ou com valor cultural e econômico reconhecido. A área de proteção ambiental é de domínio público do Estado, delimitada, gerida de forma integrada, onde a interação entre a atividade humana e a natureza modelam a paisagem com qualidades estéticas, ecológicas ou culturais específicas e excepcionais, produzindo serviços ecológicos importantes para os seus residentes e seus vizinhos. A área de conservação comunitária é, de acordo com a própria denominação, de domínio público comunitário, delimitada, sob gestão de uma ou mais comunidades locais onde estas possuem o direito de uso e aproveitamento da terra, destinada à conservação da fauna e flora e uso sustentável dos recursos naturais. Já o parque ecológico autárquico é uma área de domínio público autárquico para a conservação de ecossistemas sensíveis no contexto urbano e de povoação.

(iii) **Zona de Expansão Urbana**

Concerne às áreas medianamente estáveis/vulneráveis, com até 35% de cobertura vegetal. Seu uso deve ser multifamiliar, obedecendo às disposições da alínea a do número 1 do art. 59 do Regulamento do Plano de Estrutura Urbana da Cidade da Matola (Plano Diretor Municipal), isto é, devem se destinar áreas para espaços verdes e de utilização coletiva, previstas nos estudos de operações urbanísticas, e em conformidade com a seguinte disposição: uma área de 20m^2 por cada 120m^2 de área bruta de construção para fins de habitação, em edifícios multifamiliares.

(iv) **Zona de Controle Ambiental**

Refere-se às áreas moderadamente vulneráveis com baixa quantidade de cobertura vegetal, isto é, entre 13 e 25%. Todas as

atividades dirigidas a essas áreas devem ser sujeitas a um Estudo de Impacto Ambiental (Decreto 45/2004, de 29 de setembro, com as alterações introduzidas pelo Decreto 42/2008, de 4 de novembro – Regulamento da Avaliação do Impacto Ambiental).

(v) **Zona de Recuperação**

Concerne às áreas moderadamente vulneráveis com menos de 13% de cobertura vegetal e muito ocupadas, as quais devem ser sujeitas a medidas de replantio de árvores/reflorestamento (parágrafo 1 do art. 44 da Lei 16/2014), revitalização e aumento de espaços verdes. Nelas nenhuma atividade potencialmente causadora de problemas ambientais deve ser desenvolvida.

A elaboração das propostas de 1997 e 2007 foi importante para evidenciar a evolução da degradação ambiental que se verificou ao longo dos anos em análise no município. O tabela 3 e a figura 4 mostram a redução das áreas das zonas propostas nos três zoneamentos ambientais.

Tabela 3 – Evolução de áreas das zonas ambientais propostas (1997-2014)

Zonas	1997		2007		2014	
	Área (km^2)	%	Área (km^2)	%	Área (km^2)	%
Conservação Total	313,0	85,0	148,5	40,3	66,0	17,9
Conservação de Uso Sustentável	21,7	5,9	63,7	17,3	50,4	13,7
Expansão Urbana	33,7	9,1	32,3	8,8	97,2	26,4
Recuperação	0,0	0,0	61,7	16,7	87,4	23,7
Controle Ambiental	0,0	0,0	62,2	16,9	67,4	18,3
Total	**368,4**	**100**	**368,4**	**100**	**368,4**	**100**

Fonte: Elaboração pelos Autores, 2015

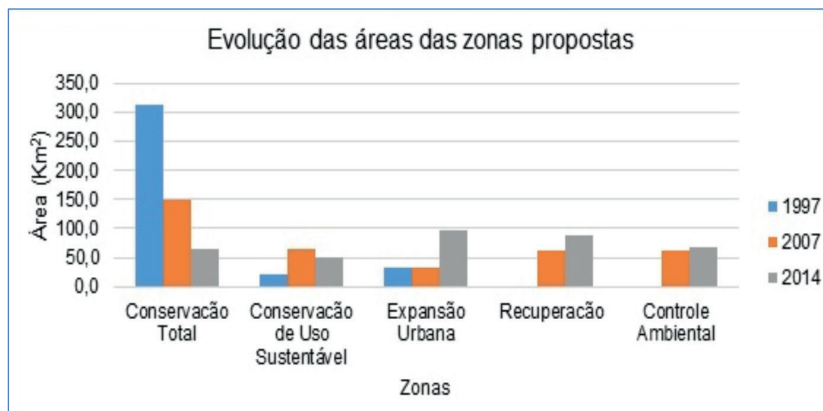



Figura 4 – Comparação de áreas das zonas ambientais propostas (1997-2014)
Fonte: Elaboração pelos Autores, 2015

Em 1997, a proposta apresentou três zonas ambientais: a de conservação total, com ocupação de 85% do município; a de uso sustentável, com 5,9%, e a de expansão urbana, com 9,1%. Este cenário mostrava-se favorável a preservação do ambiente e serviria para reduzir ou limitar os níveis de ocupação do solo urbano de forma desordenada.

Com o aumento da taxa de ocupação do solo decorrente do crescimento populacional, verificado entre 1997 e 2007, o município passou a ter cinco zonas ambientais: a de conservação total, ocupando 40,3% de todo o seu território; a de uso sustentável (17,3%); a de expansão urbana (8,8%); a de recuperação (16,7%) e a de controle ambiental (16,6%). Aqui, percebe-se que a situação ambiental da Matola tende a agravar-se, porque a extensa área de conservação total, em 1997, dá lugar a áreas de expansão urbana, controle ambiental e de recuperação, passando de 85% para 40,3% do total do território do município em 2007.

O avanço rápido da mancha urbana em 2014 contribuiu para um cenário preocupante, isto é, 23,7% do município apresentam-se degradados e necessitando de intervenção para a sua recuperação. As áreas de conservação total e de uso sustentável reduzem até 17,9% e 13,7%, respetivamente. Pouco mais de um quarto da

Matola passam para a zona de expansão. Com o decorrer do tempo as condições ambientais tenderão a se degradar ainda mais, se medidas interventivas não forem adotadas para conter o avanço da urbanização e preservar as áreas ainda não ou pouco ocupadas com a criação de reservas, parques, áreas de proteção, assim como o reflorestamento de certas áreas que precisem de intervenção.

O zoneamento ambiental mostra-se um instrumento capaz de evitar a degradação ambiental e ecológica do município. Assim, torna-se urgente a sua introdução no processo de gestão municipal, diante de possíveis cenários futuros de degradação ambiental. Algumas áreas propostas para as diferentes zonas estão ocupadas, o que pode em algum momento inviabilizar a efetivação do zoneamento. Porém, segundo o parágrafo 1 do artigo 48 da Lei 16/2014, o Estado pode realizar o reassentamento da população humana fora da área de conservação, desde que sua presença seja incompatível com o estatuto jurídico dessa área ou impeça o seu bom manejo; pode ainda efetuar a expropriação (art. 39 do Decreto 60/2006 e art. 68 do Decreto 23/2008).

A proposta de zoneamento ambiental visa em primeira instância a contribuir para salvaguardar as qualidades ecológicas e ambientais do município, podendo também definir limites à sua ocupação e impedir a sua degradação e fomentar a sustentabilidade. Visa também a alcançar o desenvolvimento coordenado e harmonioso da área da Matola, de maneira que promova a saúde pública e bem-estar geral dos seus habitantes; proteger os recursos naturais e culturais importantes; promover o desenvolvimento integrado e sustentável; melhorar a qualidade do ambiente urbano; orientar o crescimento urbano e conter a sua expansão, bem como gerir, controlar e garantir o equilíbrio entre o ambiente natural e o construído.

Para Amorim e Oliveira (2013), o zoneamento ambiental, como uma ferramenta de planejamento integrado, aparece como uma solução possível para o ordenamento do uso racional dos recursos, garantindo a manutenção da biodiversidade, os processos naturais e serviços ambientais ecossistêmicos. Por sua vez, Paula e

Sales (2007) afirmam que este instrumento é de suma importância para o planejamento ambiental ao funcionar como um sistema de informações e avaliação de alternativas, servindo como base de articulação às ações públicas e privadas que participam da reestruturação do território, segundo as necessidades de proteção, recuperação e desenvolvimento com conservação. Por isso, a sua consideração no processo de elaboração dos instrumentos de Ordenamento do Território (integração da dimensão ambiental nos planos) será de extrema relevância para o município em particular e em geral para o país, de modo a evitar e/ou reduzir o choque entre o desenvolvimento econômico e a preservação ambiental, assim como evitar a ocupação de áreas potencialmente consideradas de risco, principalmente pela população com baixa renda (o que contribui ainda mais para a vulnerabilidade ambiental do município).

Foram ainda propostas três Unidades de Conservação (UC) para o município, por não existir nenhuma criada. Estas UCs foram avançadas para a Zona de Conservação Total apresentada no mapa de Zoneamento Ambiental de 2014. Assim, as UCs são: a Reserva Natural Integral localizada no bairro Siduava, o Monumento Natural no bairro Matola Gare (Figura 5A) e a reservada para a Área Verde de Proteção Permanente localizada no bairro Vale de Infulene (Figura 5B).

Reserva Natural Integral de Siduava

A reserva natural integral é uma área de domínio público do Estado, delimitada, destinada à preservação da natureza, à manutenção dos processos ecológicos, do funcionamento dos ecossistemas e das espécies ameaçadas ou raras.

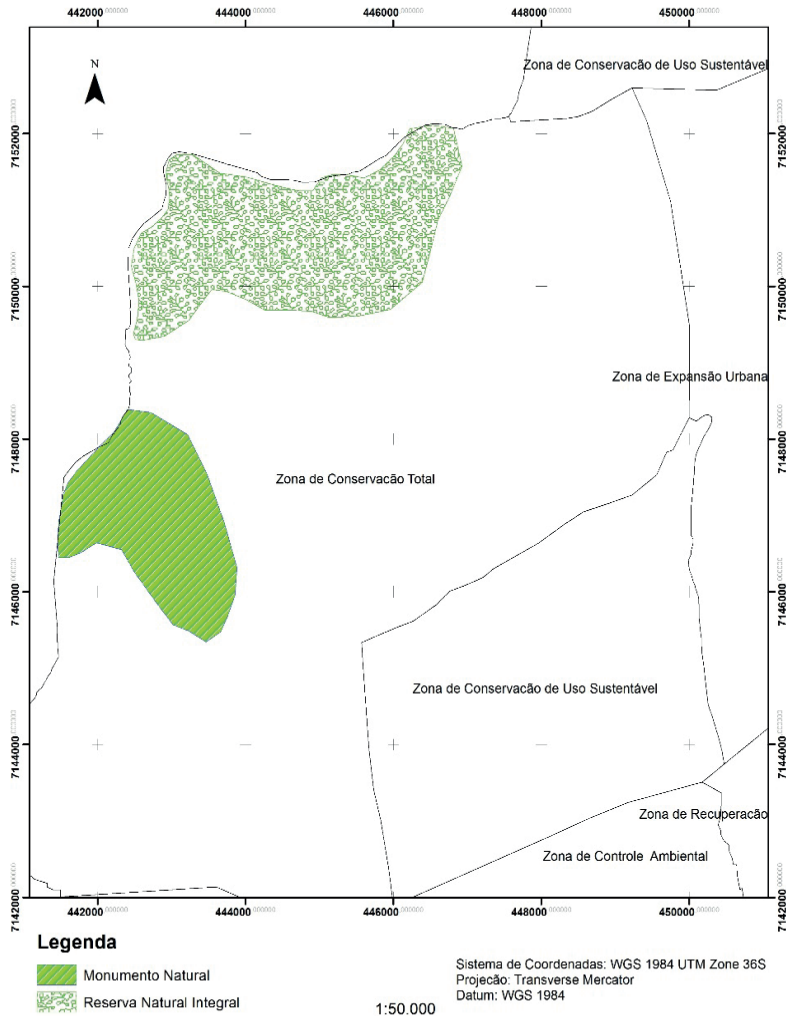



Figura 5A – Propostas de Unidades de Conservação na Zona de Conservação Total – Noroeste

Fonte: Imagem OLI/ Landsat 8; Org. MATULE, 2015

Aqui, são rigorosamente proibidas, exceto por motivos científicos para fins de fiscalização ou para a prática de turismo de contemplação, desde que sem qualquer implantação de infraestrutura, as seguintes atividades:

a) Caçar, pescar, acampar, exercer qualquer exploração florestal, agrícola ou mineira;

b) Realizar pesquisas, prospecções, sondagens, terraplanagens ou trabalhos destinados a modificar o aspecto do terreno ou da vegetação;

c) Praticar quaisquer atos que prejudiquem ou perturbem a diversidade biológica;

d) Introduzir ou colher quaisquer espécies zoológicas ou botânicas quer indígenas, quer exóticas, selvagens ou domésticas.

Monumento Natural de Matola Gare

Os monumentos naturais constituem áreas de domínio público do Estado, autárquico, comunitário ou privado, contendo um ou mais elementos com valor natural, estético, geológico, religioso, histórico ou cultural excepcional ou único, em áreas inferiores a 100 ha que, pela sua singularidade e raridade, exigem a sua conservação e manutenção de sua integridade.

Essas áreas visam aos seguintes fins:

a) Proteger ou conservar elementos naturais específicos;

b) Proporcionar a realização de atividades de ecoturismo, recreação, educação e investigação científica;

c) Garantir a preservação e reprodução de espécies ou formações vegetais raras, endêmicas, protegidas e em via de extinção;

d) Prevenir ou eliminar qualquer forma de ocupação ou exploração incompatível com o objeto da tutela de monumento;

e) Contribuir para o desenvolvimento econômico e social local mediante a promoção do turismo e a participação das comunidades locais nos benefícios resultantes dessas atividades.

O manejo é realizado consoante a tradição, uso restrito, princípios e necessidades de conservação do monumento (são também considerados monumentos naturais as árvores de valor ecológico, estético, histórico e cultural).

O artigo 39 da Lei 16/2014, nos parágrafos 2 e 3, determina que as zonas onde se situam uma ou mais áreas de conservação devem ser objeto do plano especial de ordenamento do território que inclua, igualmente, as zonas tampão, corredores ecológicos e outros elementos essenciais à preservação do equilíbrio ecológico e à continuidade espacial e que a sua delimitação é, obrigatoriamente, registrada no Cadastro Nacional de Terras, enquanto instrumento geral de ordenamento do território.

Deve-se considerar que a Zona Tampão é uma porção territorial delimitada em redor da área de conservação, formando uma faixa de transição entre a área de conservação e a área de utilização múltipla com o objetivo de controlar e reduzir os impactos decorrentes das atividades incompatíveis com a conservação da diversidade biológica, tanto de dentro para fora como de fora para dentro da área de conservação (parágrafo 1 do art. 40 da Lei 16/2014) e tem como objetivos (parágrafo 2 do referido artigo):

a) Formação de uma área de amortecimento ao redor de uma área de conservação que minimize as pressões das diversas atividades humanas;

b) Proteção de cursos e demais fontes de água, resguardando a sua qualidade e a quantidade;

c) Promoção e manutenção da paisagem em geral e do desenvolvimento do turismo, com a participação do setor privado e das comunidades locais;

d) Promoção da educação ambiental servindo como base para consolidar a atitude de respeito às atividades e necessidades ligadas à conservação e à qualidade de vida;

e) Contenção da urbanização contínua e desordenada;

f) Consolidação de usos adequados de atividades complementares à proposta do plano de manejo da área de conservação;

g) Estender as medidas de conservação de forma a promover o uso sustentável dos recursos naturais;

h) Providenciar a função de corredores ecológicos de forma a assegurar a manutenção da estrutura e processos biológicos, a conectividade de habitats, bem como a movimentação de material genético entre áreas de conservação.

Estas Unidades de Conservação, segundo o artigo 43 da Lei 16/2014, devem ser geridas através de um plano de manejo enquanto documento técnico, mediante o qual, com fundamento nos objetivos gerais da área de conservação, se estabelecem o ordenamento e as normas que devem presidir o uso e o manejo dos recursos naturais, inclusive a implantação das infraestruturas necessárias à gestão da área, nomeadamente:

a) Os objetivos de gestão e o seu alcance temporal;

b) A classificação da área e seus limites geográficos e o mapa da área junto com o zoneamento, se for aplicável;

c) Os usos que são considerados proibidos e aqueles submetidos à autorização em função das necessidades de proteção da área, sem prejuízo dos já estabelecidos pela presente Lei;

d) As disposições urbanísticas, normas arquitetônicas e medidas de proteção complementares, de acordo com o estipulado na presente Lei, as quais não eximem o cumprimento das já existentes;

e) A orientação da gestão dos recursos naturais e as eventuais medidas de restauração do meio ou de espécies em situação crítica;

f) As infraestruturas e medidas de fomento de atividades tradicionais e outras melhorias das condições de vida da população local;

g) As normas de visitas à área, quando necessário, a segurança dos visitantes, os aspetos de informação e interpretação da natureza e, em geral, todo o uso público;

h) As instalações e infraestruturas necessárias para a gestão da área;

i) Os planos especiais que devam ser elaborados para tratar em detalhe qualquer aspecto da infraestrutura ou necessidade de gestão da área;

j) Os estudos necessários para conhecer melhor a área, contendo o seguimento das condições ambientais e de uso necessários para apoiar a gestão e a estimação econômica das inversões correspondentes, se houver;

k) O regime de gestão e envolvimento de parceiros.

Área Verde de Proteção Permanente do Vale de Infulene

Esta área coincide com a área inserida na categoria Espaço Afeto à Estrutura Ecológica do Município da Matola (Verde Arborizado Natural), que é constituída por um conjunto de espaços verdes, tanto quanto possíveis contínuos e interligados, integrados no espaço urbano, com o fim de assegurar as funções dos sistemas biológicos, o controle dos escoamentos hídricos e atmosféricos, o conforto térmico e a qualidade do espaço urbano através da integração dos espaços verdes (art. 68 do Regulamento do PEUCM, 2010).

Por ser uma área úmida e atravessada por um rio (o que a constitui como uma área de proteção), deve ser vedada qualquer ocupação de solo e não podem ser adquiridos Direitos de Uso e Aproveitamento da Terra, podendo, no entanto, ser emitidas licenças especiais para o exercício de atividades determinadas (art. 9 da Lei 19/1997). Esta área deve proporcionar a realização de atividades de ecoturismo, recreação, educação e investigação científica.

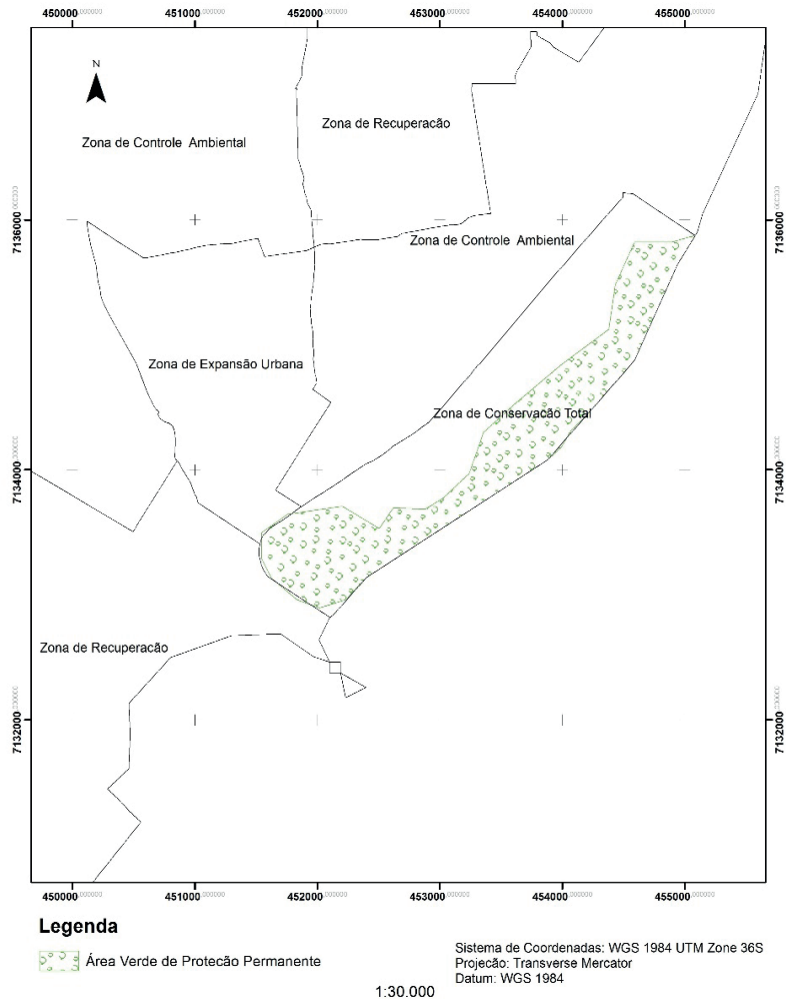



Figura 5B – Propostas de Unidades de Conservação na Zona de Conservação Total – Sudeste

Fonte: Imagem OLI/ Landsat 8; Org. MATULE, 2015

Considerações finais

As condições físico-naturais contribuíram para que o município apresente sete Unidades de Paisagem, fatiadas em duas classes de Vulnerabilidade à Perda de Solo, isto é, Moderadamente Vulnerável e Medianamente Estável / Vulnerável (que caracteriza a maior parte do município – 74,2%). Tendo em conta o grau de vulnerabilidade à perda do solo e a quantidade de vegetação existente no Município, bem como a interpretação da legislação, foram propostas cinco zonas para o zoneamento ambiental (áreas prioritárias), nomeadamente: (i) Zona Conservação Total; (ii) Zona de Conservação de Uso Sustentável; (iii) Zona de Expansão Urbana; (iv) Zona de Controle Ambiental e (v) Zona Recuperação.

Tendo em conta as propostas de 1997 e 2007, verifica-se que, ao longo dos anos, o município tem enfrentado degradação ambiental. Percebe-se ainda que, em 2014, quase um quarto do município, encontrava-se na zona de recuperação, o que evidencia claramente a necessidade de intervenção por parte das autoridades municipais na revitalização dessas áreas.

A proposta de zoneamento ambiental de 2014 pode servir de instrumento de gestão municipal que possa limitar o crescimento urbano e salvaguardar as qualidades ecológicas e ambientais do município e fomentar o seu uso sustentável, assim como auxiliar o processo de licenciamento ambiental de atividades econômicas.

As três Unidades de Conservação propostas servirão de ponto de partida para a criação de mais áreas de preservação ambiental, na medida em que o município não dispõe de uma área de preservação definida por lei.

Recomenda-se que para as categorias de Unidade de Conservação propostas seja elaborado o plano de manejo com o devido zoneamento, mediante trabalhos de campo com enfoque multidisciplinar, no qual devem ser analisadas informações de diferentes naturezas, tais como dados bióticos e abióticos (seu estado de

conservação, quantificação e mapeamento de espécies em extinção ou raras), socioeconômicos, históricos e culturais de interesse sobre a Unidade de Conservação e o seu relacionamento. Devem ser incentivadas em parcerias público-privadas-comunidades locais no processo de criação e gestão das Unidades de Conservação de modo a contribuir para a sua viabilidade, manutenção e gestão participativa, assim como mobilizar todos os atores da sociedade civil, por meio de auscultações/participação no ato de elaboração das propostas, criação, ratificação e fiscalização.

É necessário que se tomem medidas contra a expansão desordenada/não estruturada do município, e que exista um planejamento coerente com o seu desenvolvimento econômico, político e social e a preservação e conservação do meio ambiente urbano, bem como a observância dos instrumentos legais vigentes, porque, caso contrário, podem ocorrer cada vez mais problemas graves, fazendo com que a solução esteja distante e com custos elevados.

Considerando-se todos os aspectos apresentados, o trabalho será de grande valia para a gestão municipal e servirá de base para a elaboração dos próximos planos de urbanização e o Plano de Estrutura Urbana da Cidade da Matola de 2019/2020, assim como alcançar os objetivos da Agenda 2030 da ONU.

Referências

Amorim, M. C. C. T. (2001). *Caracterização das áreas verdes em Presidente Prudente (SP)*: textos e contextos para a leitura geográfica de uma cidade média. In: SPOSITO, Maria Encarnação Beltrão (Org.). Presidente Prudente. p. 37-52.

Amorim, R. R. e Oliveira, R. C. (2013). Zoneamento ambiental, subsídio ao planejamento no uso e ocupação das terras da costa do descobrimento. **Mercator**, Fortaleza, v. 12, n. 29, p. 211-231.

Araújo, M. G. M. (1999). Cidade de Maputo. Espaços contrastantes: do urbano ao rural. **Finisterra**, XXXIV (67-68). p. 175-190.

Araújo, M. G. M. (2003). Os espaços urbanos em Moçambique. **GEOUSP** – **Espaço e tempo**, n. 14, São Paulo, p. 165-182.

Banai, R. e Depriest, T. (2014). Urban Sprawl: Definitions, Data, Methods of Measurement, and Environmental Consequences. **Journal of Sustainability Education**, v. 7.

Becker, B. K. e Egler, C. A. G. (1997). Detalhamento da Metodologia para Execução do Zoneamento Ecológico-Econômico pelos Estados da Amazônia Legal. SAE – Secretaria de Assuntos Estratégicos / MMA – Ministério do Meio Ambiente. Brasília.

Cadavid Garcia, E. A. (1991). Zoneamento agroecológico e socioeconômico da Bacia Hidrográfica Brasileira do rio Paraguai: uma abordagem numérica preliminar (documento para discussão). Corumbá: Embrapa – CPAP.

CMCM – Conselho Municipal da Cidade da Matola. (2010). Plano de Estrutura Urbana da Cidade da Matola – 2010. Matola, Moçambique.

Costa, V. C. C.; Silva, R. C.; Lopes, C. Q. G. e Silva, S. M. (2011). Monitoramento do uso do solo urbano com base em interpretação visual de imagem de satélite Alos (Prism) e Google Earth: um estudo de caso na Zona de Amortecimento do Parque Estadual da Pedra Branca (PEPB) – Município do Rio de Janeiro (RJ). Anais... São José dos Campos: INPE, p. 6984-6991.

Crepani, E.; Medeiros, J. S.; Azevedo, L. G.; Hernandez Filho, P.; Florenzano, T. G. e Duarte, V. (1996). Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico econômico [CD-ROM]. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 8.** Salvador, 1996. Anais... São Paulo: Image Multimídia.

Crepani, E.; Medeiros, J. S.; Hernandez, P.; Florenzano, T. G.; Duarte, V. e Barbosa, C. C. F. (2001). *Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicado ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial.* São José dos Campos: SAE/INPE.

Crepani, E.; Medeiros, J. S.; Palmeira, A. F. e Silva, E. F. (2004). *Intensidade pluviométrica:* uma maneira de tratar dados pluviométricos para análise da v vulnerabilidade de paisagens à perda de solo. São José dos Campos: INPE.

Crepani, E.; Medeiros, J. S.; Palmeira, A. F. e Silva, E. F. (2008). *Banco de Dados Geográficos dos Municípios de Gilbués e Monte Alegre do Piauí PIi) (Municípios pertencentes ao núcleo de desertificação de Gilbués)*. São José dos Campos: INPE.

DNAL – Direção Nacional de Administração Local. (1988). Desenvolvimento Urbano da região de Maputo-Matola. **Folha Informativa**. MAE. Maputo.

DU, P.; LIU, P.; XIA, J.; FENG, L.; LIU, S.; TAN, K.; CHENG, L. Remote Sensing Image Interpretation for Urban Environment Analysis: Methods, System and Examples. **Remote Sens,** 6, p. 9458-9474, 2014.

INE – Instituto Nacional de Estatística. (2009). *2ª Edição do Retrato da Província de Maputo 2009*. Maputo.

INE – Instituto Nacional de Estatística. (2013). *Estat*ísticas do Distrito de Cidade da *Matola*. Maputo.

IRWIN, E. G. e BOCKSTAEL, N. E. (2007). The evolution of urban sprawl: evidence of spatial heterogeneity and increasing land fragmentation. **Proc. Natl. Acad. Sci.** U.S.A. 104 (52), p. 20672–20677.

Jensen, J. R. (2009). *Sensoriamento Remoto do Ambiente*: uma perspectiva em recursos terrestres. 2. ed. traduzida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. São José dos Campos: Parêntese.

Luz, L. M. e Rodrigues, J. E. C. (2014). Análise do índice da cobertura vegetal em áreas urbanas: Estudo de caso da cidade de Belém-PA. **Boletim Amazônico de Geografia**, Belém, v. 1, n. 1, p. 43-57.

Matule, E. D. Proposta de Zoneamento Ambiental para o município da Matola em Moçambique. Dissertação (Mestrado), Feira de Santana. UEFS. Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente. 2016. 140p.

Moçambique (1997). Lei n. 02/1997, de 18 de fevereiro. Aprova o Quadro Jurídico para a Implementação das Autarquias Locais. **Boletim da República**. 2º Suplemento. I série, n. 7. Maputo.

Moçambique (1997). Lei n.º 19/1997, de 1 de outubro. Aprova a Lei de Terras. **Boletim da República**. 3º Suplemento. I série, n. 40. Maputo.

Moçambique (1997). Lei n. 20/1997, de 1 de outubro. Aprova a Lei do Ambiente. **Boletim da República**. 3º Suplemento. I série, n. 40. Maputo.

Moçambique (1998). Decreto n. 66/1998, de 8 de dezembro. Aprova o Regulamento da Lei de Terras e revoga o Decreto n. 16/87, de 15 de julho. **Boletim da República**. 3º Suplemento. I série, n.48. Maputo.

Moçambique (1999). Lei nº 10/1999, de 07 de julho. Aprova a Lei de Florestas e Fauna Bravia. **Boletim da República**. 4º Suplemento. I série, n. 27. Maputo.

Moçambique (2006). Decreto nº 60/2006, de 26 de dezembro. Aprova o Regulamento do Solo Urbano. **Boletim da República**. 3º Suplemento. I série, n. 51. Maputo.

Moçambique (2007). Lei nº 19/2007, de 18 de julho. Aprova a Lei de Ordenamento do Território. **Boletim da República**. 3º Suplemento. I série, n. 29. Maputo.

Moçambique (2008). Decreto nº 23/2008, de 1 de julho. Aprova o Regulamento da Lei de Ordenamento do Território. **Boletim da República**. 3º Suplemento. I série, n. 26. Maputo.

Moçambique (2014). Lei nº 15/2014, de 20 de julho. Aprova a Lei de Gestão de Calamidades. **Boletim da República**. I série, n. 50. Maputo.

Moçambique (2014). Lei nº 16/2014, de 20 de julho. Aprova a Lei da Conservação. **Boletim da República**. I série, n. 50. Maputo.

Montaño, M.; Oliveira, I. D.; Ranieri, V. E. L. e Souza, M. P. (2005). A necessidade de incorporação do Zoneamento Ambiental como instrumento de planejamento e gestão territorial urbana. In: *International Congress on Environmental Planning and Management, 2005*, Brasília. Proceedings... Brasília: Universidade Católica de Brasília, p. 1-22.

Montaño, M.; Oliveira, I. S. D. e Ranieri, V. E. L. (2007). O zoneamento ambiental e a sua importância para a localização de atividades. **Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção**, n. 6, p. 49–64.

Moura, A. R. e Nucci, J. C. (2008). Cobertura vegetal em áreas urbanas: o caso do bairro de Santa Felicidade, Curitiba, PR. **Geografia. Ensino & Pesquisa**, v. 12, p. 1682-1698.

Muchangos, A. (1986). *Meio ambiente*: a cidade de Maputo. Maputo: Tipografia Globo.

Nucci, J. C. (2001). *Qualidade ambiental e adensamento urbano*: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP). São Paulo: Ed. Humanitas/ FFLCH/USP.

Paula, F. S. e Sales, M. C. L. (2007). O zoneamento ecológico-econômico como instrumento do planejamento ambiental. **II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica João Pessoa – PB.**

Ponzoni, F. J. e Shimabukuro, Y. E. (2007). *Sensoriamento remoto no estudo da vegetação***.** São José dos Campos: Parêntese.

Rabus, B.; Eineder, M.; Roth, A. e Bamler, R. (2003). The Shuttle Radar Topography Mission - a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. **Journal Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS)**, 53, p. 241 – 262.

Santos, J. P. e Cândido, B. B. (2013). Zoneamento ambiental: Fazenda da Lagoa, Santo Antônio do Monte, MG. **Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 3, n. 2, p. 30-53.

Scolforo, J. B. *et al.*, (2009). *Zoneamento ecológico-econômico de Minas Gerais*. Lavras: Editora UFLA.

Uttara, S.; Bhuvandas, N. e Aggarwal, V. (2012). Impacts of urbanization on environment. **International Journal of Research in Engineering & Applied Sciences**, v. 2, p. 1637 – 1645.

Metodologia para modelagem dinâmica espacial de uso do solo urbano através de autômatos celulares

Bethsaide Souza Santos
Rosangela Leal Santos

Introdução

Feira de Santana é um município importante da Bahia e o segundo mais populoso do estado, com aproximadamente 615.000 habitantes e uma área aproximada de 1300 km², segundo dados do IBGE (2019). A cidade está localizada a aproximadamente 110 km da capital estadual, Salvador, conforme a Figura 1.

Sua origem remonta a meados do século XVIII, quando uma capela, dedicada à Nossa Senhora Sant'Anna, passou a ser ponto de referência para os viajantes que por ali passavam. No final do século, a feira, que posteriormente se transformou num centro de negócios, promoveu o desenvolvimento do povoado que viria a se transformar em Feira de Santana (IBGE, 2017).

Até a década de 1970, a cidade se expandiu dentro dos limites do anel viário e, a partir de então, iniciou-se um movimento de expansão de circunscrição ao Anel de Contorno. Ainda hoje, Feira de Santana continua a se expandir de forma rápida e para áreas antes consideradas "vazios urbanos", alterando a configuração da forma e estrutura da cidade e da paisagem, uma das justificativas de interesse em estudar esse fenômeno com mais profundidade. A intensa proliferação de condomínios fechados na cidade nos últimos anos tem alterado significativamente a paisagem e trazido

novos olhares sobre Feira de Santana. Esse aspecto é bastante discutido por Santos (2012), que cita as políticas habitacionais como fatores que influenciaram esse processo.

A nova realidade de moradia exige soluções em infraestrutura básica, acessos viários e recursos em mobilidade urbana que atendam satisfatoriamente a essas mudanças e, para esse fim, são necessárias ações em planejamento urbano que muito concernem à análise da expansão urbana.

Na cidade, verifica-se a crescente parcela da população, o que é motivo dos mais diversos conflitos sociais. Nela, também, verificam-se as diferentes formas de vivência e sobrevivência e é, enfim, um dos principais contextos para entendimento do coletivo em sociedade.

Nesta pesquisa são identificados os fatores determinantes e influenciadores da expansão da mancha urbana e como esse processo ocorre, motivado pela inquietação dos questionamentos:

Para onde essa mancha se expandiu historicamente e por que aconteceu nessas direções? Quais espaços serão ocupados num futuro próximo em Feira de Santana e para qual direção preferencial se dará sua expansão?

Todas estas perguntas são respondidas através da modelagem da dinâmica espacial das mudanças de uso do solo.

O entendimento da influência das variáveis na expansão é um dado crucial para estabelecer as condicionantes do Planejamento Urbano, zonas de prioridades de investimentos e cuidados, áreas de restrição, limitação ou controle da ocupação e planejamento de ações e metas a curto e médio prazo.

Em face das grandes necessidades de estudos especializados sobre o urbano, para viabilizar uma fiscalização adequada, uma expansão planejada, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), aliados às técnicas de Análise Espacial são extremamente eficazes no apoio à elaboração de planos urbanísticos municipais e considerados como Sistemas Espaciais de Suporte à Decisão ou Sistemas de Suporte ao Planejamento, conforme relata Michael

Batty, na apresentação do livro *Geoinformação em urbanismo*: cidade real x cidade virtual (2007).

A pesquisa foi feita em escala municipal, mas, em alguns momentos, foi necessário ampliar o olhar, principalmente quando se pensa sobre a História do Urbano e da Cidade. E, em relação a esse aspecto, compartilha-se do entendimento de Carlos *et al.,* (2011, p. 30), segundo os quais a história de um lugar é o resultado da ação, num determinado momento e sobre um determinado espaço, de processos que atuam em escalas desiguais e combinadas; porém, como assinalam, a memória formal não pode se ater apenas a processos puramente locais. Os autores ainda sugerem que estes devem ser relacionados a outros mais gerais que atuam em escalas mais amplas (regional, nacional, global). O objetivo principal desta pesquisa é estabelecer uma metodologia para simulação de mudanças de uso do solo na cidade de Feira de Santana, utilizando um modelo de autômato celulares.

Perspectiva histórica do uso do solo em Feira de Santana

O uso do solo refere-se à destinação que o homem dá à terra. Skole (1994, *apud* Almeida *et al.,* (2007) sublinha que o uso do solo é o emprego humano de uma certa cobertura da terra, o meio pelo qual a atividade humana se apropria dos resultados da produção primária.

A informação do mapeamento do uso do solo é importante em estudos urbanos, pois retrata muito da dinâmica espacial do lugar, das interações entre as partes e é especialmente fundamental nesta pesquisa, por ser o elemento-base da modelagem.

Há alguns estudos já realizados sobre o uso do solo em Feira de Santana, entre os quais o de Santos (2013), que mostra ser o comércio o grande impulsionador do crescimento do município e expansão da mancha; por isso, assinala, há bairros cuja expansão se deve ao comércio, tais como Tomba, Caseb e Cidade Nova.

A esse respeito, diante das possibilidades de transformação do espaço, de mudança das suas formas espaciais e funções, é inevitável pensar na gestão do uso e ocupação do solo e planejamento da cidade.

O planejamento urbano é o principal agente da política urbana, cujas diretrizes são estabelecidas no Estatuto da Cidade (Lei 10.257, de julho de 2001) e se apropria de normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental e tem por objetivo, ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana.

Modelagem urbana

Os modelos para estudos urbanos e processos de mudanças vêm sendo criados já há algum tempo. Segundo Souza (2011), uma das mais antigas contribuições nesse sentido é da década de 1920, a teoria de anéis concêntricos de E. Burguess. Ele concebeu um modelo econômico simples, consistindo de um zoneamento de regiões concêntricas à cidade (Figura 2). De acordo com este modelo, o uso mais intenso da terra seria próximo ao centro e o preço do aluguel e da terra decresceriam na periferia.

Ainda segundo o fundamento da teoria econômica, considerando-se o modelo de lugares centrais de Christaller, elaborado em 1933 (Figura 4), cidades são lugares centrais, hierarquicamente organizados, cujo papel fundamental é a provisão de bens e serviços e cada ponto no espaço deveria distar menos de uma hora de caminhada (cerca de 4 km) de um lugar central. (MERLIN(1973, p. 152) *apud* ALMEIDA *et al.*, 2007).

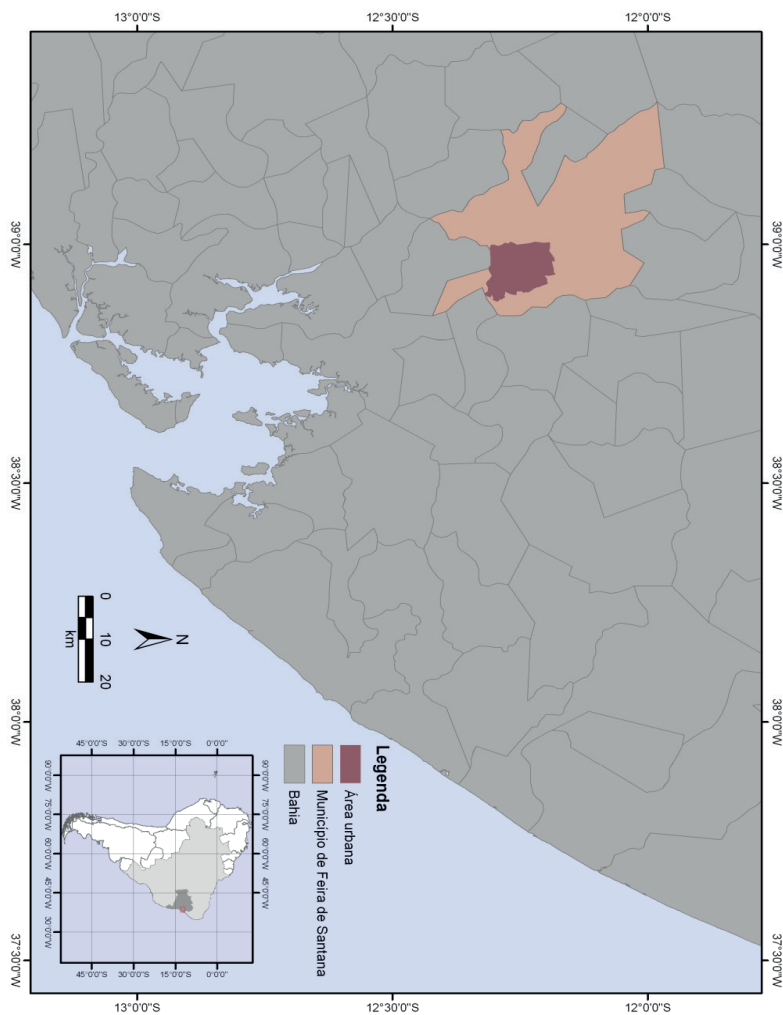



Figura 1 – Localização de Feira de Santana, BA, com destaque para a área urbana
Fonte: IBGE, 2018

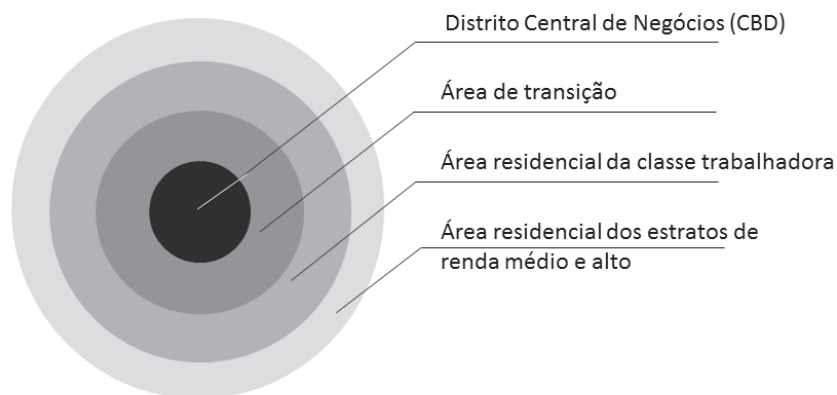



Figura 2 – Modelo de Organização Interna da Cidade de E. Burgess
Fonte: SOUZA, 2011, p. 9.

Outros modelos foram concebidos com base na teoria de Burguess, como o de H. Hyot (Figura 3), que a torna mais complexa, ao combinar círculos com setores. Segundo Souza (2011), trata-se de um refinamento introduzido ao considerar a influência da malha viária e transportes.

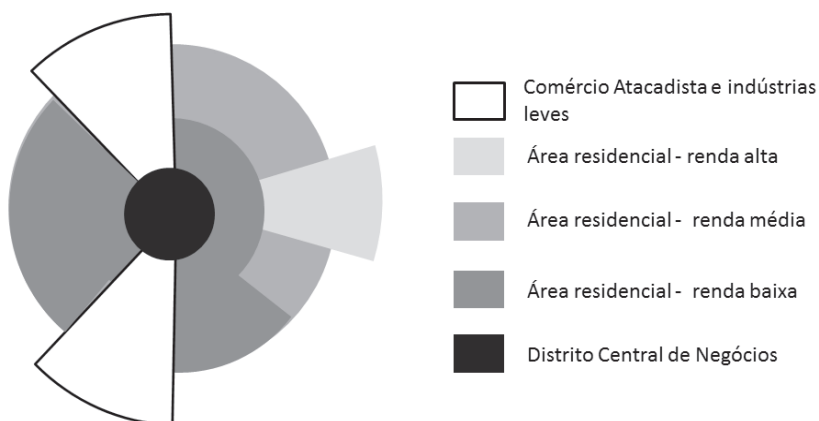



Figura 3 – Modelo de Organização Interna da Cidade de H. Hoyt
Fonte: SOUZA, 2011, p. 11.

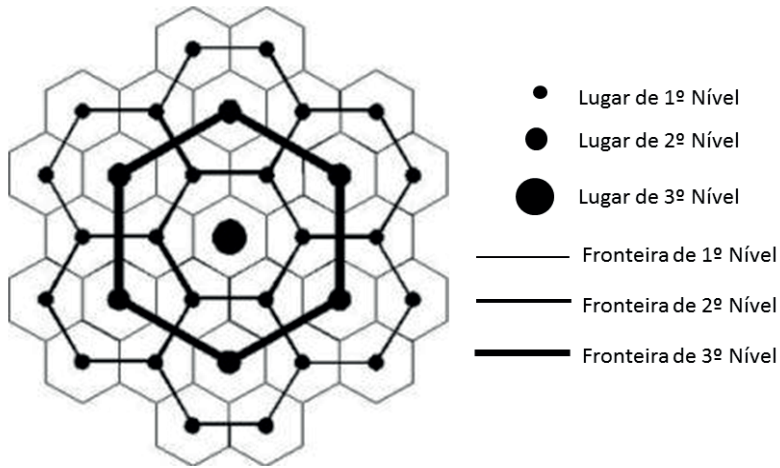



Figura 4 – Sistema hexagonal da teoria de lugares centrais de Christaller
Fonte: ALMEIDA *et al.,* (2007).

Todas estas simples realizações em modelagem urbana são não dinâmicas e baseadas na teoria econômica. No final da década de 1950 e início da década de 1960, após notáveis avanços computacionais, uma nova geração de modelos entrou em cena, o quais, segundo Almeida *et al.,* (2007), buscavam operar sobre uma base dinâmica, em um esforço para a superação das limitações da primeira geração de modelos urbanos.

Modelos dinâmicos

De acordo com Wegener *et al.*, (1986, *apud* ALMEIDA *et al.*, 2007), um modelo é dinâmico se possui uma dimensão temporal explícita, se suas entradas e saídas variam com o tempo e se seus estados atuais dependem de estados anteriores.

Entre os primeiros modelos dinâmicos, está aquele proposto por Czamanki (1965), que aplicou um simples modelo econômico

baseado no tempo à região de Baltimore (EUA), com quatro equações. O modelo fornecia uma abordagem simples para a geração de atividades urbanas, embora não apresentasse uma dimensão espacial.

Outro modelo dinâmico, o Empiric, também de 1965, é referido por Almeida *et al.*, (2007), que afirma ter este caráter espacial e reconhece a natureza simultânea dos inter-relacionamentos urbanos, através de um sistema de equações diferenciais de primeira ordem.

Batty (1971) relacionou população, emprego terciário e básico ao longo do tempo para desenvolver um modelo dinâmico, aplicado à região de Reading, no Reino Unido, que foi matematicamente formulado como um sistema de equações diferenciais e por meio de hipóteses de base econômica.

Segundo Almeida *et al.*, (2007), os modelos urbanos desenvolvidos até metade dos anos 1980, de maneira geral, não operavam sobre uma dimensão espacial e, quando isso acontecia, o espaço era desagregado em unidades, mas o resultado não podia ser visualizado espacialmente. A autora observa que efetivos avanços na representação espacial de modelos urbanos ocorreram apenas no final dos anos 1980, quando modelos de autômatos celulares começaram a ser utilizados em larga escala.

Autômatos celulares

Originalmente, os autômatos celulares foram estudados no final da década de 1940 pelo matemático húngaro John Von Neumann e o matemático polaco Stanislaw Ulam. À época, a ciência computacional começou a ter o aporte de novas tecnologias. Tratava-se de estudar técnicas computacionais a serem usadas

para estabelecer modelos matemáticos que possam representar processos de crescimento e auto reprodução (PASCOAL, 2005).

Stephen Wolfram (1983, *apud* ALMEIDA *et al.*, 2007) define autômatos celulares como:

> idealizações matemáticas de sistemas físicos, nos quais o espaço e o tempo são discretos, e os atributos assumem um conjunto de valores também discretos. Um autômato celular consiste de uma grade regular uniforme (ou campo matricial), comumente infinito em sua extensão, com uma variável discreta em cada localidade (célula). O estado de um autômato celular é completamente especificado pelos valores das variáveis em cada célula. Um autômato celular evolui em passos de tempo discretos, com o valor da variável em uma célula sendo afetado pelos valores das variáveis nas células vizinhas encontrados no passo de tempo anterior. A vizinhança de uma célula é tipicamente formada pela própria célula em consideração e todas as demais células localizadas nas suas adjacências imediatas. As variáveis em cada célula são atualizadas simultaneamente ('sincronicamente'), baseando-se nos valores das variáveis da sua vizinhança no passo de tempo precedente, e de acordo com um conjunto predefinido de 'regras locais'. (WOLFRAN, apud ALMEIDA, *et al.*, 2007, p. 92)

Para Pascoal (2005),

> *Automata Celulares* (AC) são sistemas dinâmicos discretos, sendo frequentemente descritos como contrapartes às equações diferenciais parciais que apresentam a *potencialidade para descrever sistemas dinâmicos contínuos*. O significado de discreto é que as variáveis de estado mantêm-se inalteradas ao

> longo de intervalos de tempo, e mudam seus valores somente em momentos bem definidos conhecidos como passo ou tempo de ocorrência de evento. (PASCOAL, 2005, p. 11. Grifo nosso)

O Jogo da Vida (*Game of Life*), de John Conway, ou *Life*, como ficou conhecido, imortalizou o conceito de AC. No *Life*, o espaço celular é composto de uma grade quadrada regular bidimensional, onde a vizinhança das células consiste de seus oito vizinhos imediatos, isto é, quatro vizinhos ortogonais e quatro vizinhos diagonais. Qualquer célula pode estar viva (*on*) ou morta (*off*), e há apenas duas regras simples para uma célula tornar-se viva ou morrer. Uma célula morta torna-se viva se há exatamente três células vivas imediatamente adjacentes a ela. Uma célula permanece viva se há duas ou três células vivas em suas adjacências, senão ela morre. Isto significa que uma célula morre de isolamento ou superpopulação. Apesar da simplicidade das regras, este jogo suporta a geração de inumeráveis padrões de comportamento dinâmico (ALMEIDA, *et al.,* 2007). A Figura 5 mostra uma sequência de quatro passos de tempo, que resulta nas mudanças mostradas, ao final da qual a configuração se deslocou uma célula acima e à direita: as células vivas estão mostradas em preto.

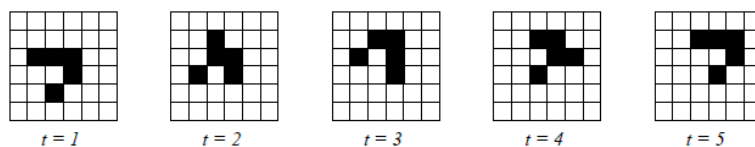



Figura 5 – "Jogo da Vida" - exemplo de emergência
Fonte: O 'SULLIVAN (2000, p. 58) *apud* Almeida *et al.*, (2007)

Autômatos celulares são uma categoria de modelos dinâmicos espaciais, que, atualmente, podem incorporar dimensões

ambientais, socioeconômicas, políticas e, segundo Almeida et al, (2007), ferramentas de suporte à decisão ou técnicas baseadas em processos analíticos hierárquicos, o que foi, em grande parte, possibilitado pelas ligações entre CA e SIG.

A autora também refere recentes progressos teóricos inovadores no campo da Inteligência Artificial, tais como utilização de redes neurais, que simulam o raciocínio humano oferecendo soluções tolerantes a falhas.

Materiais e métodos

A metodologia utilizada nesta pesquisa envolveu a obtenção de dados, pré-processamento, construção do banco de dados geográficos, processamento digital de imagens em SIG, modelagem. Foram usados dados cartográficos, imagens de satélite, cadastros públicos de vias, fotografias aéreas como dados primários. O intenso processamento digital foi feito com os aplicativos SPRING, IDRISI, QGIS, AUTOCAD e DINAMICA EGO, através de vetorização, classificação, tabulação cruzada, reclassificação.

Trabalhou-se com um modelo de CA para simulação de dinâmicas da paisagem, escrito em C++ e Java, com implementos de algoritmos de análise espacial comuns em SIGs, além de uma série de algoritmos projetados para simulações espaciais, incluindo funções de transição e métodos de calibração e validação.

A utilização deste modelo nesta pesquisa se justifica através de diversos fatores, como, entre outros, a facilidade de manuseio e simplicidade operacional, e também porque apresenta, ao mesmo tempo, uma complexidade suficiente para simular mudanças inesperadas. Além disso, são modelos tratáveis e flexíveis, com possibilidade de adaptação a diferentes abstrações da realidade geográfica. São também aplicáveis a um espaço representado como

uma grade, o que permite articulá-los como dados matriciais, comumente usados em SIG.

Construção do banco de dados em SIG

O presente estudo foi desenvolvido como uma pesquisa aplicada, descritiva e exploratória, com abordagem quantitativa, e tem por objetivos identificar, descrever e detalhar fatores que influenciam o fenômeno da urbanização em Feira de Santana.

O primeiro resultado desta pesquisa já se apresenta também como referencial teórico, isto é, o mapa de expansão da mancha urbana desde as origens até 2018, o qual se elaborou mediante a sobreposição de mapas temáticos com as classes 'urbano' e 'não urbano' em diferentes anos, obtidos após a vetorização dos limites da mancha. Esses mapas, referentes aos anos de 2000, 2010 e 2018, serão essenciais para a elaboração dos mapas de uso do solo, fundamentais para atingir os objetivos da pesquisa.

A análise exploratória foi executada através da identificação dos tipos de mudança de uso do solo nos períodos analisados (2000 a 2010 e 2010 a 2018). As datas de início e término dos períodos de simulação foram definidas em função das informações provenientes de censos do IBGE. O primeiro período (2000-2010) foi intenso em expansão, decorrente de uma implacável corrida imobiliária, com o lançamento de muitos empreendimentos habitacionais e expansão para espaços antes desocupados. Entre 2010 e 2018, segundo período, o *boom* imobiliário já havia atingido seu pico e começava a declinar, associado à diminuição de investimentos federais em programas habitacionais e esfriamento do mercado, além da recessão econômica que assolou o país no final desse período.

Foram utilizadas imagens do Satélite Landsat 5, 7 e 8, que passaram por um pré-processamento com registro, realce, ajuste de contraste.

Para as composições coloridas, foram utilizadas as bandas 5, 4 e 3 a fim de auxiliar a interpretação visual da área urbana, que foi delimitada por edição vetorial, através de polígonos desenhados em tela (cor laranja) diretamente sobre a imagem (Figura 6).

Figura 6 – Imagem sintética de composição colorida, com polígono gerado através de edição vetorial
Fonte: Elaboração pelas autoras.

Dada a natureza heterogênea comumente flagrada em áreas urbanas, que implica uma grande complexidade espectral e, portanto, possíveis dificuldades nas interpretações visuais, foram utilizados o Google Earth Pro e fotografias aéreas para melhor visualização.

Os mapas de uso do solo foram elaborados a partir do cadastro de ruas, imagens de satélite, imagens do Google Earth Pro, registros históricos, fotografias aéreas e verificações *in loco*.

Foram estabelecidas seis classes de uso:

— uso comercial: com predominância de lojas de departamento, vestuário, eletrônicos, cosméticos, distribuidoras em geral, calçadões de lojas, galerias, entre outros;

— uso industrial: definido pelo CIS;

— uso institucional: composto de universidade pública, órgãos públicos isolados, batalhão de polícia e exército;

— uso de serviços: composto de áreas de hospitais, clínicas, serviços médicos em geral, áreas com predominância de bares, restaurantes, serviços automotivos e empresas situadas às margens da BR-324;

— uso residencial: todos as áreas com este fim;

— uso não urbano: área fora da mancha urbana.

Dos mapas vetoriais de uso do solo foram gerados mapas matriciais com pixel de tamanho 5m x 5m. A resolução adotada gerou uma grade de 5400 linhas e 5200 colunas. Essa resolução é adequada, pois permite um desempenho computacional relativamente bom e rápido e evita presença de serrilhados grosseiros nos limites entre as classes, que podem causar distorções consideráveis no cômputo das áreas. A Figura 7 apresenta o fluxograma desta primeira parte da metodologia.

Método de pesos de evidência

Este método possibilita analisar a importância de cada variável em todas as transições de uso. Elaborado pelo matemático inglês Thomas Bayes, baseia-se na teoria da probabilidade condicional.

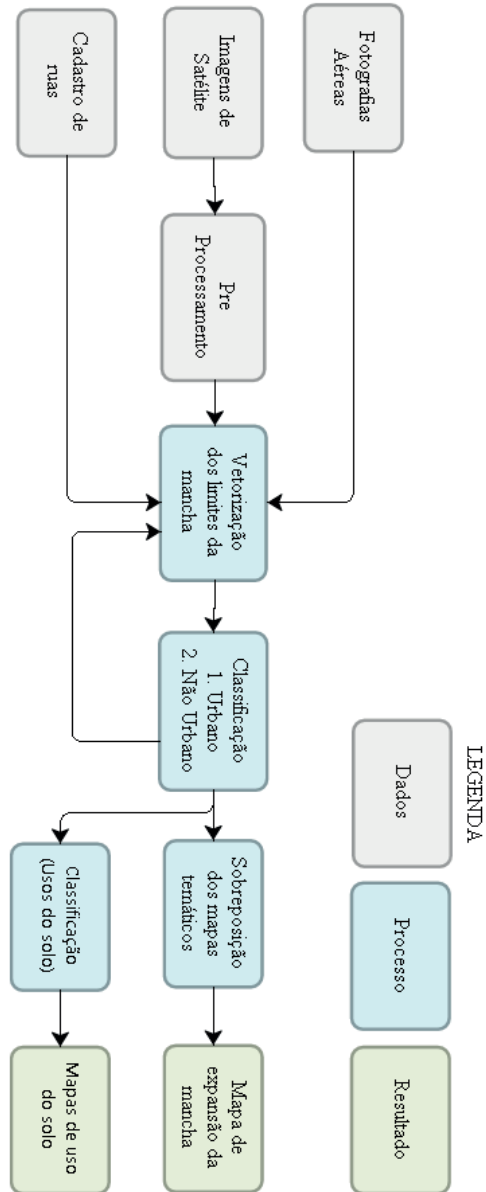



Figura 7 – Fluxograma 1- Elaboração de Mapas de Expansão da Mancha e Mapas de Uso do Solo

Fonte: Elaboração pelas autoras.

Segundo Almeida (2004), trata-se de um teorema que concerne à propensão para se detectar um certo evento, o qual pode ser no presente se houver uma dada categoria de mudança do uso (p. ex., uso não urbano para residencial), posto que uma evidência (p. ex., suprimento de água), também chamada variável explicativa, já ocorreu (Figura 8).

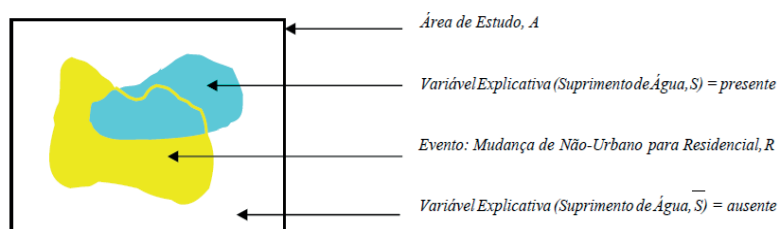



Figura 8 – Esquema ilustrativo do método de pesos de evidência
Fonte: Almeida (2004).

Bonham-Carter (1994, apud Gonçalves, 2008) apresenta algumas vantagens do método:

· "Objetividade, que impede a escolha subjetiva de fatores de ponderação;

· Possibilidade de combinação de múltiplos mapas de evidências em um modelo de fácil adaptação a linguagens computacionais;

· Incorporação ao modelo de mapas de entrada com dados incompletos;

· Possibilidade de aplicação de mapas multiclasse, onde cada fatia é tratada como uma evidência presente (ou razão de probabilidade);

· Modelagem de incertezas devido a variações nos pesos e dados incompletos".

E desvantagens:

· "A combinação de mapas de entrada assume que os mesmos são condicionalmente independentes entre si. O teste para

independência condicional só é possível quando o método for aplicado de maneira orientada aos dados, já que ele requer a tabulação cruzada entre pares de mapas de evidência.

· A limitação da aplicação do modelo aos casos em que a variável resposta (evento) é bem conhecida".

O peso de evidência é representado por W e pode ser positivo (W+) ou negativo (W-). Valores positivos favorecem determinada transição, enquanto valores negativos indicam baixa probabilidade de transição. Um par de pesos, W+ e W-, é calculado para cada evidência. Este cálculo é realizado através da aplicação de razões de probabilidade, que descrevem como provavelmente uma alteração na classe irá ocorrer no caso da evidência estar presente ou ausente, conforme as equações 1 e 2.

$$W^{+} = \log_e \left\{ \frac{P(B \mid D)}{P(B \mid \overline{D})} \right\}$$

$$W^{-} = \log_e \left\{ \frac{P(\overline{B} \mid D)}{P(\overline{B} \mid \overline{D})} \right\}$$

Eq.1
Eq.2

em que $\log_e$ é o logaritmo natural, P é a probabilidade, B e B é a presença ou ausência, respectivamente, da evidência preditiva, e D e D representam, respectivamente, a presença ou ausência da classe de cobertura da terra (Delaneze, 2013)

Estimativa das taxas globais de transição e seleção de variáveis

A tabulação cruzada entre os mapas de uso do solo nos limiares inicial e final dos intervalos de tempo estudados permitiu identificar as transições ocorridas no período e forneceu a

estimativa de probabilidades globais de transição, taxas em termos percentuais, que expressam a probabilidade de mudança, além do mapa de transição geral (Fluxograma 2).

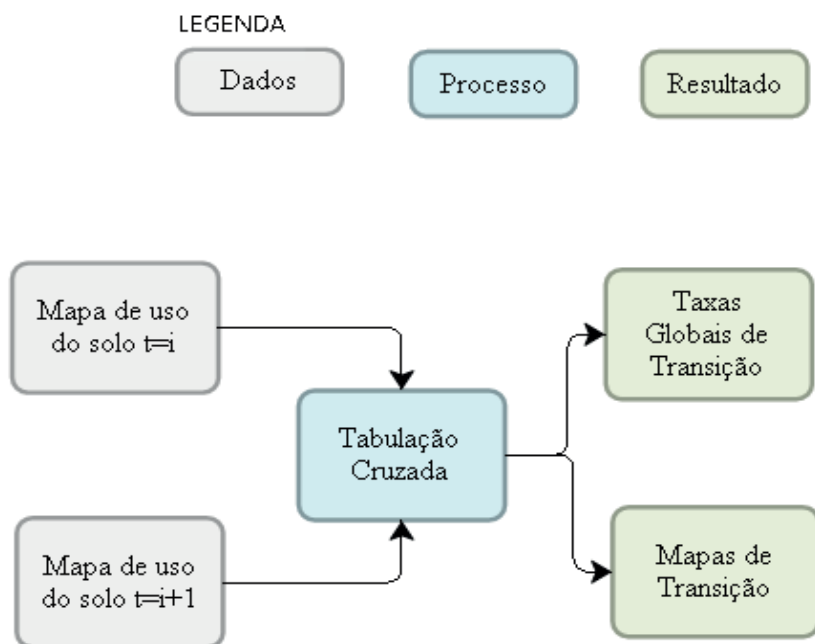



Figura 9 – Fluxograma 2 - *Cálculo de Taxas Globais de Transição e* Elaboração de Mapas de Transição
Fonte: Elaboração pelas autoras.

Para cada transição, é necessário definir o conjunto de variáveis influenciadoras. Para isso, cada mudança deve ser estudada isoladamente quando mapas de cada transição deverão ser elaborados. No caso desta pesquisa, estes foram criados através de reclassificação dos mapas de transição geral. A Figura 10 mostra um exemplo de mapa de transição do uso 'não urbano' para 'industrial'.

Figura 10 – Exemplo de mapa de transição entre uso não urbano e industrial entre 2000 e 2010

Fonte: Elaboração pelas autoras.

Finalmente, para definição das variáveis influenciadoras, é necessário fazer uma superposição entre os mapas de distância (*buffer* de variável) com cada mapa de transição.

A seleção das variáveis para a análise de modelagem deve considerar a avaliação da independência entre pares de variáveis

explicativas. Isso porque os pesos de evidências necessitam que os mapas de entrada sejam espacialmente independentes.

Foi aplicado o teste de Cramer (V) que utiliza a estatística do qui-quadrado (X^2) aplicado em pares de variáveis para estimar o grau de dependência entre elas. Estes testes fornecem uma medida padronizada que varia entre 0 (zero) e 1 (um): quanto mais próximo de 1 maior a associação entre as variáveis. Em pares de variáveis que obtiverem valores acima de 0,50, deve ser escolhida uma variável e eliminá-la, de acordo com Bonham-Carter (1994, apud Bolaneze, 2013):

1) A variável a ser eliminada deve ser aquela que apresenta menor potencial explicativo para o fenômeno de mudança de cobertura da terra, isto é, aquela que é menos correlacionada com o evento.

2) Quando ambas as variáveis são importantes para modelar o fenômeno, ambas podem ser combinadas em um único *layer*, através de uma operação booleana. Assim, não há perda de informação.

Cálculo dos pesos de evidência e simulações

A partir da verificação de independência das variáveis, os pesos de evidência são calculados (Fluxograma 3) e estes permitem a geração dos mapas de aptidão para todas as diferentes mudanças de uso do solo para o período em questão. Esses mapas têm a característica de permitir a detecção das áreas de mudanças nos correspondentes mapas de transição de uso, pois mostram exatamente as áreas que possuem as mais altas probabilidades de transição. Com esses mapas, é possível a definição dos parâmetros internos do DINAMICA que produzem os melhores resultados de simulação.

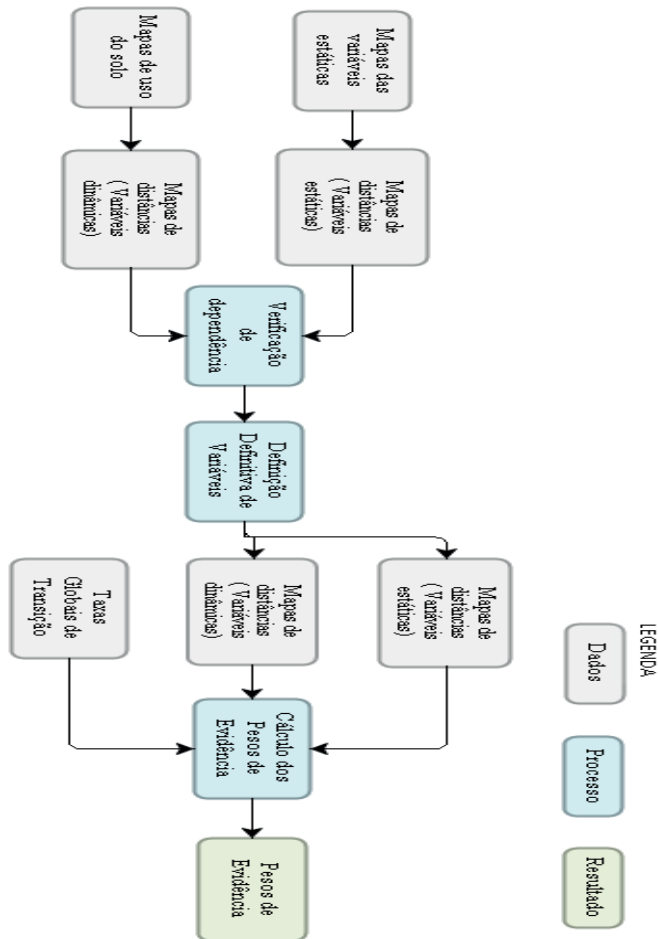



Figura 11 – Fluxograma 3 - Definição de variáveis e *cálculo dos* pesos de evidência
Fonte: Elaboração pelas autoras.

O DINAMICA é um modelo de CA baseado em uma vizinhança de Moore (ou oito células), implementado por meio de algoritmos de alocação do uso do solo. Os parâmetros de entrada para a modelagem no DINAMICA são:

a) um arquivo contendo os valores dos pesos positivos de evidência;

b) as probabilidades globais de transição para cada transição de uso do solo identificada no período de simulação considerado;

c) parâmetros internos (tamanho médio e variância de manchas para cada transição);

d) a proporção dos algoritmos de transição ou alocação ('função *expander*' e 'função *patcher*');

e) o número total de iterações.

Há dois algoritmos de transição: os *functors expander* e *patcher*. A função *expander* responde pela expansão de áreas próximas a manchas previamente existentes de uma certa classe de uso do solo, enquanto que a função *patcher* gera novas manchas através de um mecanismo de constituição de sementes (Soares-Filho *et al*., 2002). Em suma, a função *expander* executa transições de um estado i para um estado j apenas nas vizinhanças adjacentes de células com estado j. E a função *patcher* realiza transições de um estado i para um estado j apenas nas vizinhanças adjacentes de células com estado diferente de j.

Soares-Filho *et al.*, (2002) assinalam que ambos os algoritmos adotam um mecanismo estocástico de seleção. O algoritmo aplicado consiste no escaneamento do mapa de uso do solo inicial para identificar as células com valores de probabilidade mais elevados, e dispô-las em um vetor de dados. Seguindo este procedimento, as células desse vetor são selecionadas aleatoriamente em sentido descendente (o mecanismo estocástico de seleção interna pode ser suavizado ou realçado, dependendo do grau de aleatoriedade desejada). Em um estágio final, o mapa de uso do solo é novamente escaneado para executar as transições selecionadas e gerar, finalmente, o mapa de uso do solo simulado (Fluxograma 4).

Um dos principais resultados deste processo é a identificação do exato papel das variáveis biofísicas e socioeconômicas na configuração da forma urbana. Assim, a intenção é possibilitar

o entendimento da interação dinâmica entre esses fatores para a elaboração de possíveis cenários de organização do uso do solo no curto e médio prazo.

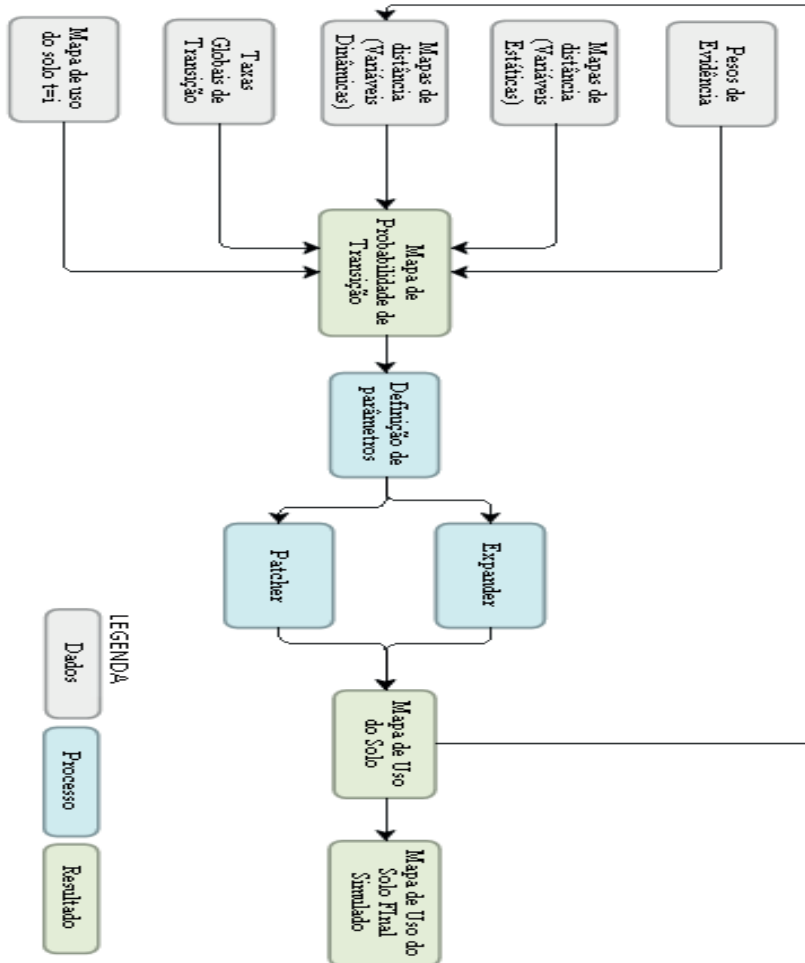



Figura 12 – Fluxograma 4 - Geração do mapa de uso do solo final simulado
Fonte: Elaboração pelas autoras.

Validação

O modelo foi validado e isso pode ser feito através de métodos que operam sobre um contexto de vizinhança de pixels, objetivando identificar a similaridade de padrões espaciais entre uma simulação e o respectivo mapa de referência.

Testes de validação podem ser entendidos como procedimentos para se verificar se os modelos refletem ou não a realidade no grau desejado (Batty, 1976). O DINAMICA possibilita calcular o índice fuzzy de similaridade entre dois mapas e dessa forma o modelo será validado. Os mapas a serem comparados são o mapa de uso do solo simulado e o mapa de uso do solo real para um mesmo ano.

Para testes estatísticos de validação espacial de modelos dinâmicos de uso, Constanza (1989) apresenta também o "Método das Resoluções Múltiplas", que pode ser aplicado a uma variedade de resoluções espaciais através da mudança de tamanho de janelas de amostragem. Assim, não se analisam pixels, mas áreas de tamanhos predefinidos. Este método também foi utilizado para validação dos resultados neste trabalho.

Resultados e discussões

Esta seção apresenta os resultados para as simulações de mudanças de uso do solo ao longo da série multitemporal de 2000 a 2018, assim como as simulações de prognósticos para o curto e médio prazo, respectivamente, 2020 e 2022. Os procedimentos para gerar todos os resultados apresentados nesta seção já foram descritos na metodologia.

Uso do solo em Feira de Santana

Os mapas de uso do solo de Feira de Santana para os anos 2010 e 2018 são apresentados, respectivamente, nas Figuras 13 e 14. Estes mapas foram elaborados a partir da vetorização da mancha urbana, fotointerpretação de fotografias aéreas e classificação.

Incialmente, pensou-se em definir 'lazer/recreação" como uma classe de uso, porém as áreas para este fim são tão pequenas que perdem representatividade no mapeamento. Isso diz muito sobre o ritmo de vida das pessoas e do lugar e justifica o fato de serem lançados tantos condomínios fechados com espaços de lazer próprios, tornando a vida cada vez mais privativa e os indivíduos cada vez mais isolados. A paisagem urbana sempre reflete muito a cultura e os hábitos de um lugar.

A análise mais primária destes mapas possibilita perceber uma forte e tradicional centralização comercial, marca característica de Feira de Santana desde sempre. O Centro Comercial praticamente não mudou suas características, preservando ainda edificações históricas e usos tradicionais de edifícios públicos.

Considerou-se a expansão das margens da BR-324 (que liga Feira de Santana à capital do estado, Salvador) como setor industrial, com a presença forte de indústrias, as quais estão afastadas das zonas residenciais e porque sua logística de transportação é facilitada pela proximidade à BR.

As áreas residenciais são visivelmente crescentes e bastante representativas no estudo de mudança de uso do solo. A análise dos dados geográficos utilizados nesta pesquisa permite concluir que essa expansão se dá, principalmente, através de condomínios fechados. Esta é uma tendência dos tempos atuais e se reproduz em várias partes do mundo e independe de fronteiras culturais. Segundo Caldeira (2000), para as classes média e alta, a criação de uma residência é mediada por anúncios publicitários e pela indústria da construção e o mercado imobiliário.

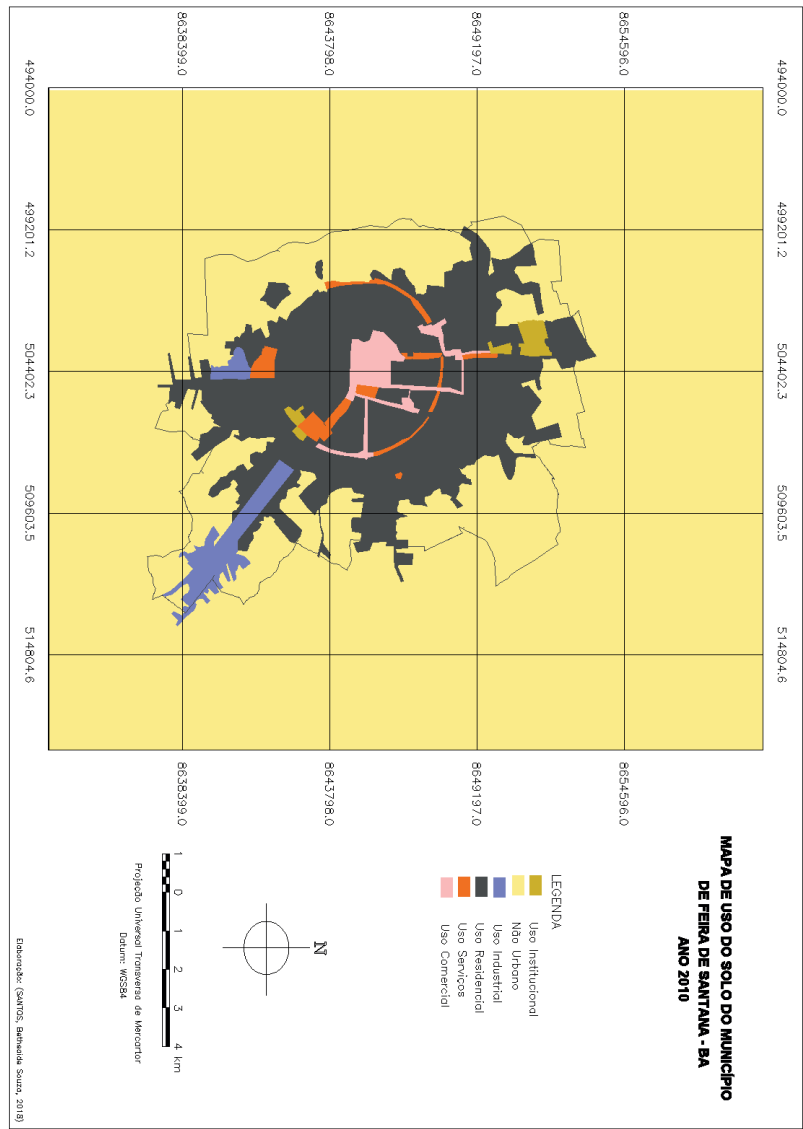



Figura 13 – Mapa de uso do solo de Feira de Santana (BA) para o ano 2010
Fonte: Elaboração pelas autoras.

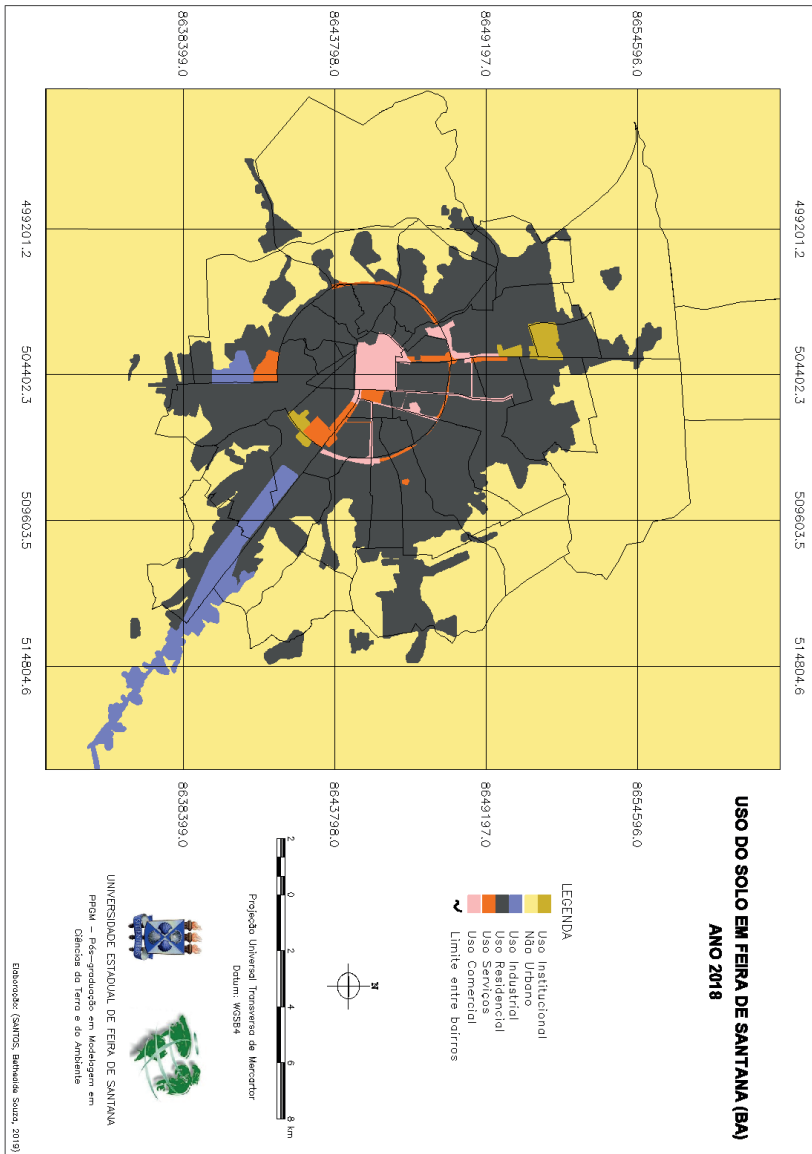



Figura 14 – Mapa de uso do solo de Feira de Santana (BA) para o ano 2018
Fonte: próprias autoras

Tabela 1 – Evolução de áreas de classes de uso do solo em Feira de Santana entre 2000 e 2018

Uso	2010		2018	
	Área (km²)	%	Área (km²)	%
Uso_comercial	5,423	5,545%	5,757	4,417%
Uso_serviços	4,120	4,212%	4,261	3,270%
Uso_residencial	79,628	81,418%	109,870	84,300%
Uso_industrial	6,756	6,908%	8,571	6,576%
Uso_institucional	1,874	1,916%	1,873	1,437%
TOTAL	97,801	100%	130,332	100%

Fonte: Elaboração pelas autoras.

A Tabela 1 apresenta as áreas de medidas de classe para cada uso em termos absolutos e relativos para 2010 e 2018.

Nos últimos tempos, esses anúncios elaboraram o que chamam de "um novo conceito de moradia" e o transformaram no tipo mais desejável de residência. Esse "novo conceito de moradia" articula cinco elementos básicos: segurança, isolamento, homogeneidade social, equipamentos e serviços. Entretanto, a tendência a morar em condomínios fechados abrange os mais diversos estratos sociais das diferentes classes: desde projetos governamentais de habitação até enclaves urbanos na forma de minicidades.

Período de simulação: 2010-2018

A análise exploratória dos resultados já se inicia a partir da identificação dos tipos de mudança de uso do solo existentes nos períodos considerados. A tabulação cruzada entre os mapas de uso do solo nos anos extremos (2000 e 2010) fornece essa informação, além da quantificação das mudanças em termos percentuais, ou

seja, as taxas globais de transição (Tabela 2). Essas taxas expressam a probabilidade de mudança em toda a área, independentemente da influência de variáveis. Esta informação é uma importante resposta neste modelo à pergunta: Quanto muda?

Através dessa matriz, são identificadas as seguintes transições de uso no período:

– Uso Residencial para Comércio (0,42%)
– Não Urbano para Uso Residencial (4,93%)
– Não Urbano para Uso Industrial (0,57%)

Tabela 2 – Matriz de probabilidades globais de transição: 2010-2018

		USO DO SOLO EM 2018					
	Uso do Solo	Comercial	Serviços	Residencial	Industrial	Institucional	Não urbano
USO DO SOLO EM 2010	Comercial	**100,00%**	0%	0%	0%	0%	0%
	Serviços	0%	**100,00%**	0%	0%	0%	0%
	Residencial	0,42%	0%	**99,58%**	0%	0%	0%
	Industrial	0%	0%	0%	**100,00%**	0%	0%
	Institucional	0%	0%	0%	0%	**100,00%**	0%
	Não urbano	0%	0%	4,93%	0,57%	0%	**94,50%**

Fonte: Elaboração pelas autoras.

Foram identificadas também algumas áreas de não mudança: institucionais, industriais e serviços. Isso quer dizer que áreas que tinham esses usos em 2010 assim permaneceram em 2018.

Após a identificação das mudanças, faz-se a seleção das variáveis explicativas de cada tipo de transição. É evidente que a cidade é viva e, muitas vezes, as dinâmicas de uso do solo são imprevisíveis, sujeitas a forçantes repentinas e inesperadas; porém, existe um conjunto de variáveis que tem grande significância nestas transições e estas guiaram o experimento de modelagem trazido por esta pesquisa.

Com estas taxas de transição, é possível constatar a transição mais relevante: áreas não urbanas para áreas residenciais. A Figura 15 é resultante da tabulação cruzada entre os mapas de uso do solo

nos limiares extremos de tempo do período analisado em questão, que consiste no modelo global de transição.

Foi definido um conjunto de variáveis que, associadas, podem descrever em parte o fenômeno da urbanização em Feira de Santana. As variáveis estáticas usadas para descrever o fenômeno neste período foram: distância a vias externas ao anel viário em 2010, distância a vias internas ao anel viário, distância a condomínios construídos entre 2005 e 2010 e distâncias ao anel viário.

As variáveis que se apresentam como distância a algum tipo de uso de solo são consideradas como variáveis dinâmicas e elas passam por processo iterativo de atualização na própria modelagem.

Para cada tipo de mudança foi elaborado um Mapa de Transição para que fosse possível, através da superposição de imagens (com os mapas de distância), determinar o conjunto de variáveis influenciadoras de cada mudança (Tabela 3).

Tabela 3 – Variáveis selecionadas para as transições - 2010 a 2018

			Transições		
Tipo	ID	Descrição	Residencial a Comercial	Não Urbano a Residencial	Não Urbano a Industrial
Dinâmicas	D1	áreas de uso comercial	●		
	D2	áreas de serviços			
	D3	áreas de uso residencial		●	
	D4	áreas de uso industrial			●
Estáticas	E1	anel viário		●	
	E3	vias internas ao anel			
	E4	vias externas ao anel	●	●	●
	E5	condominios construidos entre 2005 e 2010		●	

Fonte: Elaboração pelas autoras.

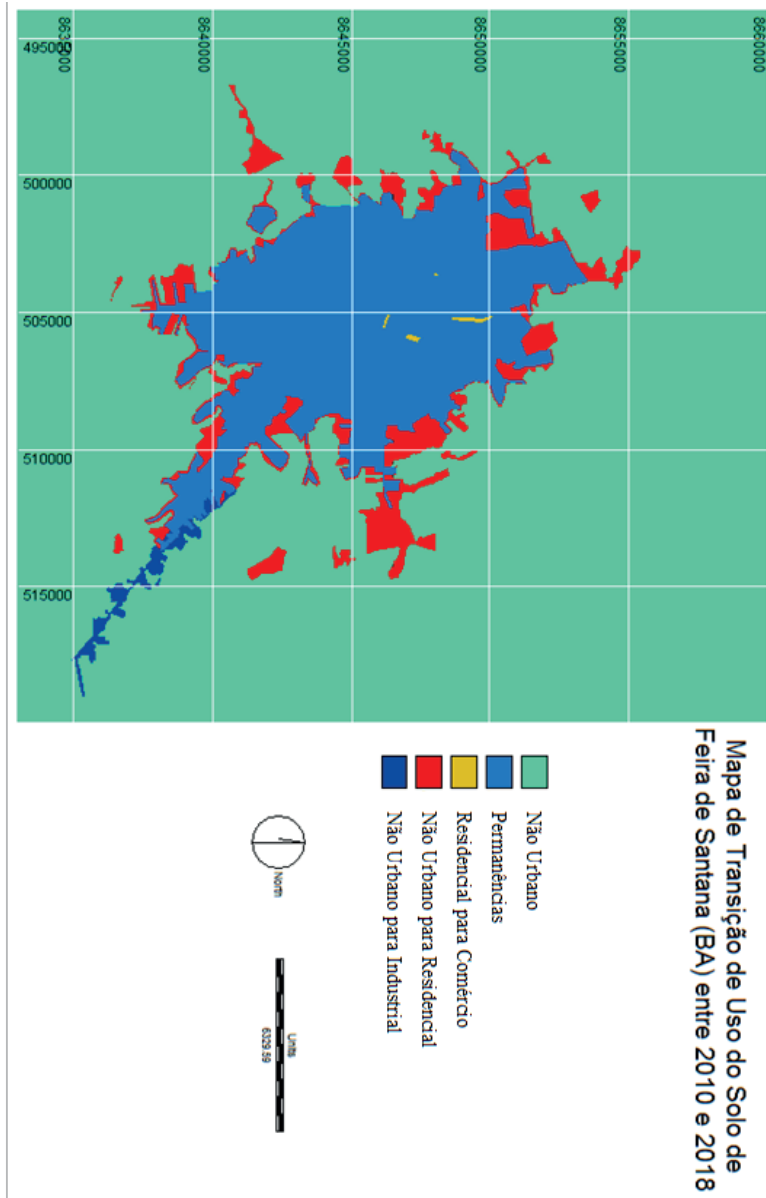



Figura 15 – Mapa de transições de uso do solo em Feira de Santana entre 2010 e 2018
Fonte: Elaboração pelas autoras.

Para prosseguir com a modelagem é necessário verificar se há independência entre as variáveis. Se houver, será necessário descartá-la da análise. Para esta verificação, foram analisados os índices de Cramer e JIU, que são mostrados na Tabela 4. Como nenhum dos pares de variáveis teve, para os dois índices, correlação maior que 0,5, então nenhuma das variáveis pré-selecionadas foi descartada.

Tabela 4 – Índice de associação de variáveis

Transição	Variável 1	Variável 2	Índice de Cramer	JIU
Residencial a Comercial	D1	E4	0,241	0,107
Não Urbano a Residencial	D3	E4	0,254	0,059
	E1	E5	0,110	0,050
	E1	E4	0,095	0,031
	E4	E5	0,143	0,061
Não Urbano a Industrial	D4	E4	0,146	0,017

Fonte: Elaboração pelas autoras.

Todas estas informações já são suficientes para o cálculo dos pesos de evidências que é mostrado na Tabela 5. Este índice indica o peso da evidência (variável explicativa) na ocorrência do evento (transição de uso).

Com os pesos e os mapas de evidência foram calculadas as probabilidades (mapas) de transição para todos os tipos de mudanças existentes no período analisado.

Com esses mapas e a análise das manchas que compõem as mudanças que efetivamente ocorreram, é possível definir os melhores parâmetros internos da modelagem (Tabela 6), ou seja, aqueles que resultam nas melhores simulações.

Tabela 5 – Pesos de evidência para as variáveis independentes: 2010-2018

Transição	Variável	Faixas de distância					
		1	2	3	4	5	6
Residencial a Comercial	zonas comerciais	2,037	1,510	1,157	0,798	1,326	0,422
	vias externas ao anel	-	1,755	-	-	-	-
Não Urbano a Residencial	zonas residenciais	5,417	3,334	2,591	2,210	1,995	1,793
	anel viário	-	1,810	1,262	1,410	1,391	-
	condomínios (2000 a 2010)	-	6,403	3,685	2,958	2,715	-
	vias externas ao anel	-	2,386	2,065	1,954	1,837	-
Não Urbano a Industrial	zonas industriais	6,68	4,73	3,8627	3,5814	2,7704	1,9780
	vias externas ao anel	-	-	0,685	0,765	1,000	-

Fonte: Elaboração pelas autoras.

Tabela 6 – Parâmetros internos para a simulação dinâmica (2010-2018)

Transições de uso	Tamanho Médio das Manchas (ha)	Variância do tamanho (ha)	Proporção do 'Expander'	Proporção do 'Patcher'	Índice de isometria
Residencial a Comercial	30	10	0,1	0,9	1,0
Não Urbano a Industrial	30	10	0,7	0,3	2,0
Não Urbano a Residencial	50	20	0,7	0,3	1,0

Fonte: Elaboração pelas autoras.

A maior parte das mudanças foi efetivada através de *patcher*, ou seja, áreas com dependência espacial de proximidade às áreas previamente existentes, em detrimento do surgimento de novas áreas.

Análise de mudanças

Dada a aleatoriedade dos algoritmos internos do DINAMICA, mesmo que os parâmetros sejam os mesmos, duas simulações nunca serão iguais. Foram então feitas três simulações de mudança de uso do solo (Figura 16) com os parâmetros constantes da Tabela 6.

O processo de calibração evidencia a coerência estatística da simulação, o que permite, através dos parâmetros utilizados nesta modelagem, algumas conclusões sobre o peso de cada variável em cada transição ocorrida em Feira de Santana no período 2010-2018.

As três melhores simulações para as transições de uso para o ano de 2018 são apresentadas na Figura 16.

No período 2010-2018, pôde-se perceber que a transição de áreas residenciais para comerciais depende, fundamentalmente, da proximidade de áreas já anteriormente consolidadas, como zonas de comércio, e tem pequena relação com as principais vias foras do anel de contorno. A transição de áreas industriais para residenciais sugere que, enquanto a zona residencial se expande, a zona industrial tende a se afastar dela e essa mudança é influenciada, principalmente, pela distância a vias. A mesma influência propicia a transição de áreas não urbanas a industriais, o que também tende a ocorrer em locais próximos a áreas já antes consideradas como centro industrial. Isso ocorre, majoritariamente, nas áreas próximas à BR 324.

A transição mais relevante neste período também é a de áreas não urbanas para residenciais, o que é impulsionado por quatro forçantes principais (segundo consideração deste modelo): distância a zonas residenciais, ao anel de contorno e a vias externas a ele e, principalmente, a condomínios fechados construídos entre 2005 e 2010.

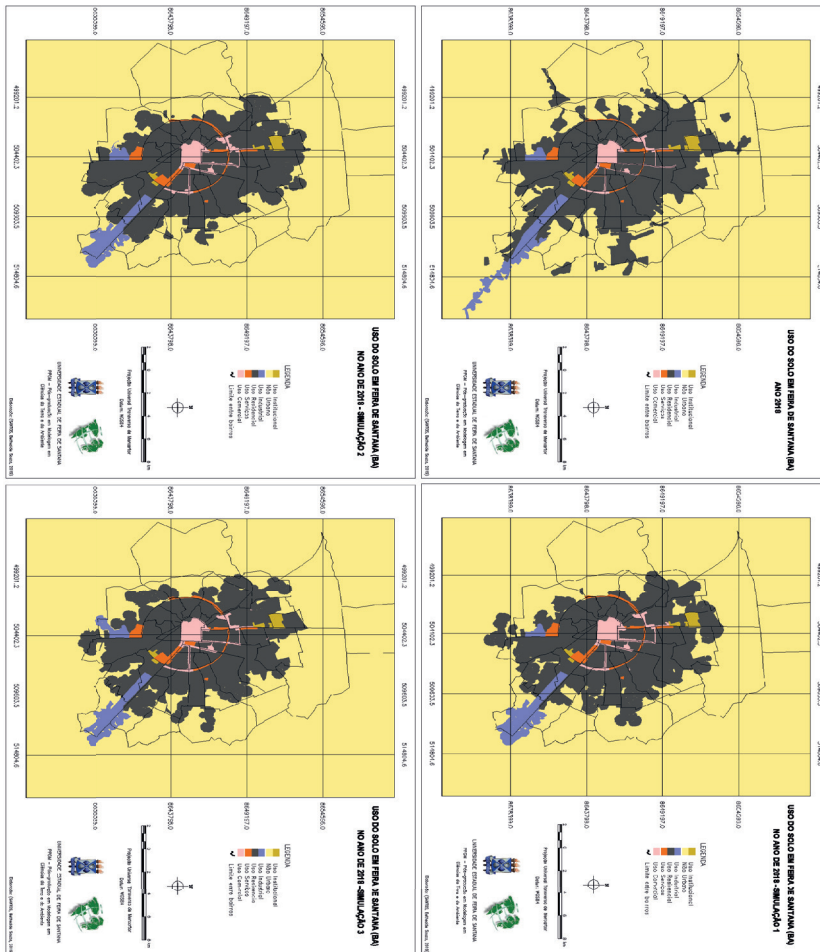



Figura 16 – Mapa real de uso do solo e simulações para o ano 2018
Fonte: Elaboração pelas autoras.

Esta última variável é a mais significante, ao contrário do observado no período anterior. Através da análise dos pesos de evidências das variáveis, pode-se afirmar que a variável mais relevante na transição mais imponente (áreas não urbanas para residenciais) entre 2010 e 2018 é a proximidade a condomínios fechados.

Aqui, vale reiterar o peso de um agente modelador da paisagem, de forte relevância, que está relacionado ao capital e aos empreendedores imobiliários. A Prefeitura e as instâncias de Planejamento pouco intervieram nesta construção, comportando-se na maior parte das vezes apenas com papel de reforço para viabilizar essa ocupação, autorizando projetos e criando novas vias apenas para atender às demandas deste mercado. Em alguns casos, pôde-se constatar construção de condomínios anterior à pavimentação de vias de acesso e extensão de redes, sendo estas então implantadas em regime de contrapartida entre Prefeitura e Construtora. Isso torna o planejamento urbano ineficaz e dificulta a predição de situações de risco, instabilidade ou vulnerabilidade das novas áreas ocupadas.

Validação

Procedeu-se à validação do modelo através do cálculo de similaridade fuzzy (Tabela 6) e do Método das Resoluções Múltiplas (Tabela 7) para as três simulações. Foram consideradas janelas de tamanho 3, 5 e 7.

Tabela 7 – Validação - similaridade entre as simulações

Simulação	Similaridade
S1	0,9427
S2	0,9346
S3	0,9423

Fonte: Elaboração pelas autoras.

Prognóstico 2018-2022

As mudanças de uso do solo consideradas para os prognósticos foram referenciadas no último período de simulação (2010-2018), porque representam a situação mais próxima do futuro simulado.

As transições observadas naquele período foram: Residencial – Comercial, Não Urbano – Industrial e Não Urbano – Residencial.

A matriz de transição foi calculada com base na simulação para o ano 2016, uma vez que esta fornece, até 2018, o mesmo espaço de tempo a ser simulado no futuro (Tabela 8). As taxas de transição são apresentadas na Tabela 9.

Tabela 8 – Validação pelo Método das Resoluções Múltiplas

Tamanho da Janela	Simulação 1		Simulação 2		Simulação 3	
	Similaridade mínima	Similaridade máxima	Similaridade mínima	Similaridade máxima	Similaridade mínima	Similaridade máxima
3	0,373	0,396	0,369	0,391	0,371	0,395
5	0,377	0,408	0,374	0,402	0,375	0,407
7	0,381	0,420	0,378	0,413	0,379	0,420

Fonte: Elaboração pelas autoras.

Tabela 9 – Matriz de probabilidades globais de transição: 2018-2022

USO DO SOLO EM 2018	Uso do Solo	Comercial	Serviços	Residencial	Industrial	Institucional	Não urbano
	Comercial	100,00%	0%	0%	0%	0%	0%
	Serviços	0%	100,00%	0%	0%	0%	0%
	Residencial	0,35%	0%	99,65%	0%	0%	0%
	Industrial	0%	0%	0%	100,00%	0%	0%
	Institucional	0%	0%	0%	0%	100,00%	0%
	Não urbano	0%	0%	3,81%	0,44%	0%	94,50%

Fonte: Elaboração pelas autoras.

Com essas informações e com o mesmo conjunto de variáveis e pesos de evidências usados para o período 2010-2018, foram

obtidas as simulações apresentadas na Figura 17 para o prognóstico de médio prazo para o ano 2022.

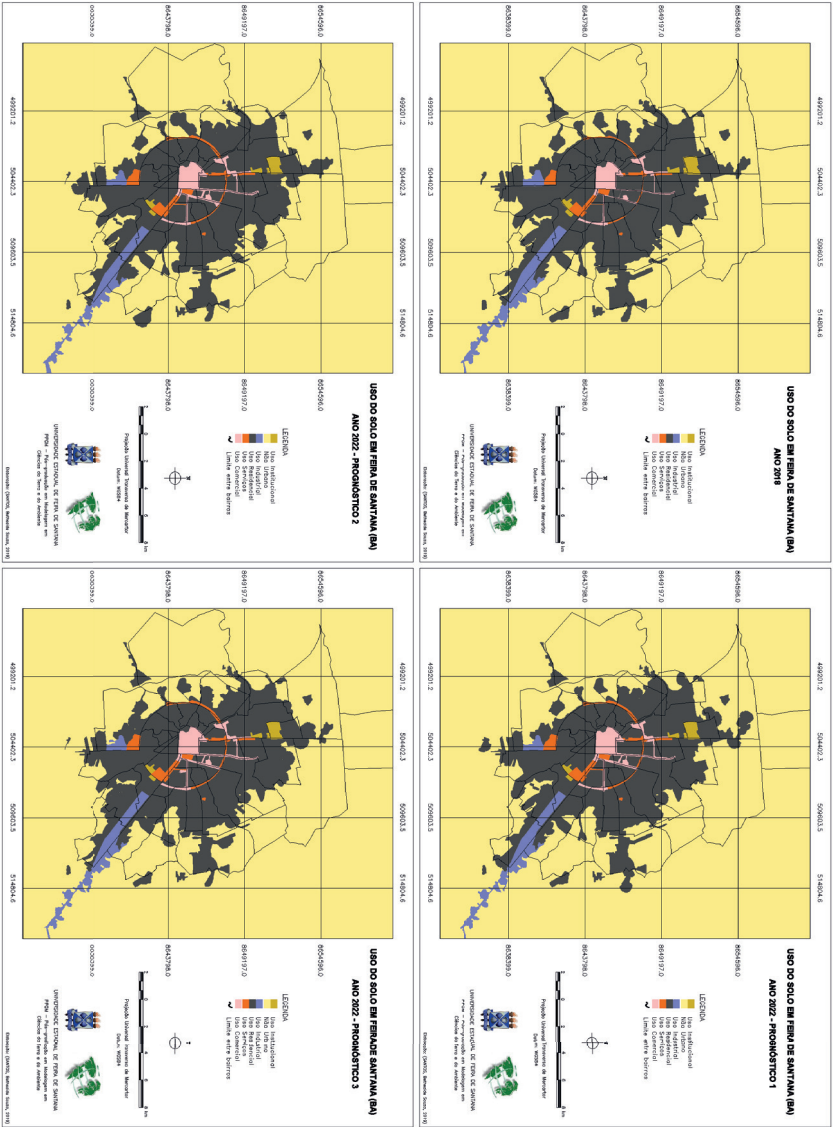



Figura 17 – Simulações de uso do solo para o ano 2022
Fonte: Elaboração pelas autoras.

Considerações finais

Nesta modelagem, foi possível perceber algumas tendências históricas de vetor de expansão do município de Feira de Santana. Até o momento em que a mancha urbana esteve circunscrita ao Anel de Contorno, essa expansão se deu de maneira mais ouriçada, tendendo a várias direções. A partir do momento em que a mancha extrapolou os limites do Anel, percebe-se nitidamente uma tendência a expansão a Norte e Sul. A partir da década de 2000, verificou-se uma significativa expansão a Leste, promovida, principalmente, pelo aquecimento do mercado imobiliário, acirrando a especulação, através da intensa onda de lançamento de empreendimentos residenciais.

Os fixos modeladores da paisagem são bastante relevantes, a saber, a Universidade Estadual de Feira de Santana, as faculdades privadas, as vias, o Centro Industrial, os condomínios, e atrelado a este, o poder de especulação dos empreendedores imobiliários. Ao contrário do que se imagina ser mais coerente, o planejamento urbano pelo Poder Público tem sido pouco definidor nas últimas décadas.

No período 2000-2010, verificou-se uma forte movimentação na dinâmica do uso do solo, com várias transições entre classes. As mudanças de áreas residenciais fazem refletir sobre a mudança cultural impulsionada pela especulação imobiliária que tem relação com o desejo de morar em condomínios fechados, o que faz com que residências próximas ao Centro cedam lugar a estabelecimentos comerciais ou de serviços.

A mais relevante transição de áreas não urbanas para residenciais tem grande relação com áreas previamente consolidadas como residenciais e proximidade ao Anel de Contorno. Isso é justificável, por ser mais provável que surjam áreas residenciais onde já existe infraestrutura básica implantada e acesso facilitado por vias.

No período 2010-2018, a dinâmica de uso do solo é mais amena, com apenas três transições, segundo considerado neste modelo. Entretanto, em valores absolutos de área a expansão é também relevante, dada a grande expressividade da transição de áreas não urbanas para residenciais. Essa transição apresenta altos pesos de evidência para a variável 'condomínios fechados', tem mais baixa relação com o Anel de Contorno do que o período anterior e alta relação com as vias externas a ele. É válido pensar que isso ocorre porque as novas áreas ocupadas pelo uso residencial já estão bem distantes do Anel de Contorno, tendo este, portanto, menor influência nessa transição. A grande relevância dos condomínios fechados dá sinais de forte atuação da especulação imobiliária por construtoras, incorporadoras e até grandes urbanizadoras em Feira de Santana na última década.

Os prognósticos de curto e médio prazo mostram um vetor preferencial de expansão a norte e a leste, situação já observada na prática informalmente pelos feirenses e flagrada em vários momentos por pesquisadores e estudiosos do fenômeno da urbanização em Feira de Santana. Diante disso, pode-se afirmar que o modelo representa bem as tendências de expansão de Feira de Santana, demonstrando ser útil na identificação de vetores de crescimento, de forma a trazer bases para o direcionamento de investimentos e identificação de zonas prioritárias de planos de ações e tomadas de decisões.

Para referir Csaba (2015), "o maior proveito em modelagem é o conhecimento ganho sobre o objeto modelado".

Aqui ainda cabe nota sobre as limitações dos resultados do modelo, inerente à própria natureza da modelagem. Para otimização do mapa simulado, é necessário que seja considerada a forma das manchas formadas na realidade. Neste sentido, novas parametrizações devem ser consideradas. Dados socioeconômicos podem ser incorporados ao modelo, inclusive na geração dos prognósticos, principalmente pela incerteza do futuro. Os erros

de comissão e omissão também devem ser considerados como fonte de refinamento para o modelo, de forma iterativa.

Com a implementação deste modelo, nota-se a importância da sensibilidade do modelador, que deve se posicionar como conhecedor do objeto a ser modelado, sendo possível transformar os resultados em informações aplicáveis, reais e verossímeis.

Esta pesquisa pode ter valiosa aplicação prática para os tomadores de decisão, uma vez que identifica vetores de crescimento e tendências de uso do solo. Os prognósticos são instrumento de estudo para secretarias municipais e gestões locais para planejamento de equipamentos básicos de infraestrutura urbana, mobilidade e acessibilidade, extensão de redes, entre outros.

Não menos importantes podem ser também os resultados desta pesquisa para a sociedade civil, por ser participante da reflexão sobre os rumos da cidade, ao reivindicar seus direitos legítimos a uma vida digna e confortável.

Além disso, este modelo é um incremento a outras pesquisas que venham a refletir sobre o fenômeno da urbanização em Feira de Santana. Que este estudo seja fonte de inspiração para o progresso científico em Feira de Santana.

Referências

ALMEIDA, C.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. (2007). *Geoinformação em urbanismo*: cidade real x cidade virtual. São Paulo: Editora Oficina de Textos.

BATTY, M. (1971). Modelingcities as dynamics systems. **Nature**.

CALDEIRA, T. (2000) *Cidade de muros*: crime, segregação e cidadania em São Paulo. São Paulo. Editora 34 / Editora da Universidade de São Paulo.

CARLOS, A.; SOUZA, M.; SPOSITO, M. (2011). *A produção do espaço urbano*. São Paulo: Editora Contexto.

DELANEZE, M. *et al.*, (2013). *Modelagem dinâmica espacial para o monitoramento do crescimento urbano no entorno do duto Orbel.* Rio Claro: UNESP.

DINÂMICA EGO (2020). Disponível em: <http://csr.ufmg.br/dinamica/about-dinamica-ego/>. Acesso em: 13 fev. 2020.

FEIRA DE SANTANA. **Leis Municipais (Planos Diretores).** Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/legislacao-municipal/328/leis-de-feira-de-santana>. Acesso em: 20 fev. 2018.

GONCALVES, D.; JÚNIOR, W.; ALMEIDA, C. (2008). Modelagem de alteração de uso e cobertura da terra em uma porção do município de Mineiros,_GO utilizando o método de pesos de evidência. SBGFA. INPE.

Lei 10.257, de julho de 2001. Estatuto da Cidade**.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/Ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm>. Acesso em: 25 fev. 2018.

PASCOAL, F. (2005) Sociedade artificial *fight4life*: autômato celular modelando vida artificial. Relatório Final de Projeto de Iniciação Científica-PIBIC/CNPq/INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

SANTOS, B. (2012). Análise espacial da distribuição dos condomínios fechados na zona urbana de Feira de Santana entre 1995 e 2010. Feira de Santana: UEFS.

SANTOS, F.; SILVA, C.; ALVES, A. (2013) A cidade de Feira de Santana-BA: uma nova (re)configuração espacial proporcionada a partir da expansão comercial: tempos espaços e representações: abordagens geográficas e históricas. UESB.

SOARES-FILHO, B.; CERQUEIRA, G.; PENNACHIN, C. (2002). DINAMICA – a stochastic cellular automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier. **Ecological Modelling**, v. 154, p. 217-235.

SOUZA, M. (2011). *ABC do desenvolvimento urbano*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

Do ímpeto industrial ao retrato da degradação na Lagoa do Subaé

Natane Brito Araujo
Marjorie Csekö Nolasco
Everlan Cardoso Araujo

Introdução

Devido às suas características geofísicas, Feira de Santana (BA) possui dezenas de nascentes e lagoas dispersas em seu território. Um deles tem relevância especial para a história e a identidade da cidade, a lagoa do Subaé.

Topônimo constante na cidade de Feira de Santana, Subaé designa o rio que nasce na cidade, a lagoa de mesmo nome, nomeia o bairro onde ela se localiza, além de diversas instituições importantes na região, como o Centro Industrial do Subaé (CIS) e a TV Subaé, primeira emissora afiliada à Rede Globo no interior da Bahia, inaugurada em 1988. Todavia, a degradação causada pela expansão industrial e urbana neste corpo hídrico, coloca-o às margens da história e à beira do desaparecimento total.

A lagoa do Subaé (Mapa 1) está localizada na porção sudeste do perímetro urbano do município de Feira de Santana, fora do Anel de Contorno, entre os bairros Santa Mônica, 35º BI e Subaé. Atualmente, a lagoa do Subaé divide-se em duas porções, uma ao norte e outra ao sul da BR-324.

A lagoa do Subaé situa-se numa região de tabuleiro, na parte sudeste do município de Feira de Santana, encontrando-se

totalmente aí embutida, onde inúmeras depressões funcionam como áreas de acumulação de água pluvial e freáticas, formando diversas lagoas que drenam para os rios Pojuca ou Subaé.

O entorno da lagoa do Subaé apresenta simultaneamente aspectos rurais, urbanos e industriais, configurando-se como uma região de forte pressão ambiental, que tem o avanço urbano e industrial como principais vetores de sua degradação, recebendo efluentes industriais e domésticos sem tratamento.

O presente trabalho focaliza e discute os conflitos envolvendo a degradação dos corpos hídricos no contexto urbano da cidade de Feira de Santana, mais especificamente na lagoa do Subaé. A referida discussão é pertinente à realidade feirense porque, a despeito da importância para a história e para a dinâmica ambiental das inúmeras lagoas que marcam a paisagem da cidade, estas foram/são paulatinamente ocupadas e degradadas para dar lugar à expansão urbana. À luz desta compreensão, que relevância tem a degradação da lagoa do Subaé para a sociedade feirense?

Para responder a esta pergunta, cumpre antes descrever e analisar a lagoa do Subaé a partir de documentos oficiais e de textos jornalísticos, a fim de captar os discursos sobre a questão ambiental e sobre a lagoa em si, em Feira de Santana, sempre matizados pela ideia do que aqui se colocou por "progresso".

Metodologia

Uma das vantagens da utilização de periódicos como fonte documental é de que constituem "arquivos cotidianos", porque registram a memória do dia a dia, permitindo estabelecer-se a cronologia dos fatos históricos e contextualizá-los para melhor percebê-los em sua realidade (Zicman, 1985).

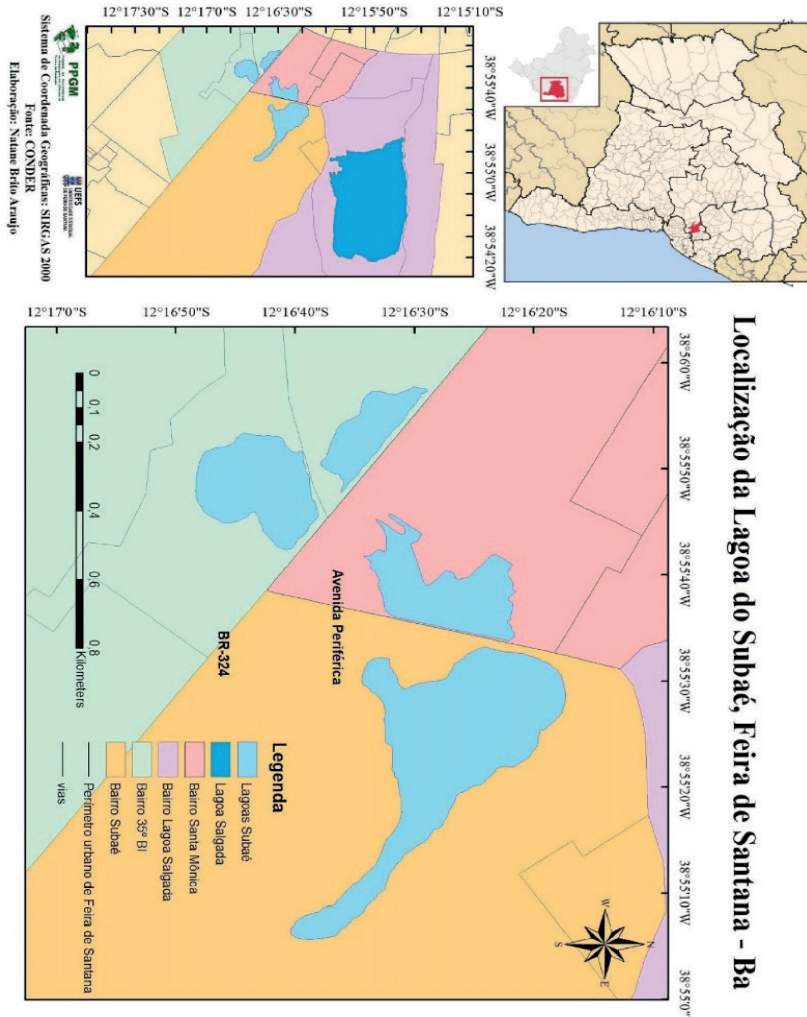



Figura 1 – Mapa de localização da Lagoa Subaé, Feira de Santana - BA
Fonte: Elaboração pelos Autores

Capetalo (1988, p. 21-22), sobre a metodologia da pesquisa em jornais, observa que, na construção do fato jornalístico, interferem não apenas os elementos subjetivos de quem o produz,

mas também os interesses em relação aos quais este é produzido, uma vez que a imprensa constitui um instrumento de manipulação dos interesses e intervenção na vida social.

Neste trabalho, o foco não é discutir a veracidade das informações veiculadas nas mídias e sim analisá-las como um discurso advindo de um grupo social distinto: as classes dominantes feirenses. Trata-se, então, a partir desse pressuposto, de identificar e compreender as disputas que envolvem as questões ambientais na lagoa do Subaé, os atores participantes desse processo, e delimitar os principais acontecimentos com reflexos para a própria lagoa, entendidos para fins deste capítulo como marcos temporais.

Considerando-se que a imprensa não pode ser fonte exclusiva de qualquer pesquisa histórica (Elmir, 1995, p. 7), porque o jornal, enquanto fonte primária, baseia-se em processos de construção e intencionalidades próprios, aos quais o pesquisador precisa estar atento, neste trabalho, além dos periódicos, utilizou-se uma série de fontes documentais diversas, que, contrapostas, asseguram as versões hegemônicas dos fatos obtidos. Foram analisados documentos históricos diversos, como leis e decretos, periódicos de circulação local e estadual, dados censitários, relatórios ambientais, plantas e planos diretores.

Inicialmente, fez-se a triagem desse material em arquivos locais, identificando quais documentos seriam viáveis para a análise, considerando sua relevância para a temática, disponibilidade e conservação.

Enquanto periódicos, foram utilizados jornais de circulação local como o Feira Hoje e o Tribuna Feirense, e de circulação estadual, como o jornal Folha do Estado da Bahia e o Correio, além do Jornal Grande Bahia (edição *on-line*).

Neste trabalho, optou-se pela transcrição de reportagens e trechos de leis no corpo do texto, porque uma parte da documentação é local e de difícil acesso, a fim de permitir ao leitor com-

preender o percurso analítico construído na narrativa. Além disso, é preciso considerar a situação/lugar dos arquivos e centros de memória do Brasil, que estão condicionados a decisões políticas e administrativas.

É sabido que, no país, não se cultiva o hábito da valorização e preservação das fontes documentais nos arquivos públicos e privados, razão pela qual há muitas incertezas sobre a manutenção da disponibilidade ou existência de documentos-base para estudos históricos regionais.

Resultados e discussão

A atuação do governo do estado foi decisiva para a reconfiguração do espaço urbano e objetivou-se através da execução de políticas públicas, tanto nas determinações legislativas quanto no incentivo à ocupação de determinadas áreas no entorno da lagoa do Subaé (SANTO, FERNANDES, FALCÃO & SANTOS, 2011), como, por exemplo, a construção da rodovia Feira-Salvador, a atual BR-324. Planejada para ser uma via de acesso rápido entre a capital e Feira de Santana, grande entroncamento rodoviário, o maior da Bahia, com o trecho denominado "Engenheiro Vasco Filho", em 2011 (PROJETO DE LEI Nº 1406/2011), a BR-324 começou a ser construída em 23 de novembro de 1948, simultaneamente em ambas as cidades.

A estrada cortou a lagoa Subaé em duas partes, pois foi construída no nível mais elevado (cerca de 5 metros). Grandes manilhas foram colocadas abaixo da estrada para interligar as duas partes da lagoa, mas a dinâmica do fluxo da água modificou-se sensivelmente.

Em 1973, a BR-324 foi duplicada, a fim de favorecer o escoamento da produção e dinamizar a comunicação entre o CIS e os demais centros industriais baianos. Entretanto, a duplicação acen-

tuou o impacto da rodovia na lagoa do Subaé, porque aumentou tanto as áreas de aterro dentro do espelho d'água quanto distanciou ainda mais os fragmentos restantes.

A partir da análise da evolução da malha urbana feirense (Santos, 2007), sintetizada no Mapa 2, o início da ocupação nas proximidades da lagoa do Subaé ocorreu em fins dos anos 1950, quando a região tinha feições majoritariamente rurais.

Essa configuração foi concluída a partir de dois dados: a ausência de registros de loteamentos ou similares junto à prefeitura de Feira de Santana até a década de 1970 e o grande número de sítios e fazendas registrados nos decretos de desapropriação da área destinada à implantação do Centro Industrial do Subaé, situados nas proximidades da porção sul da lagoa do Subaé.

Na década de 1980, com a expansão do CIS na BR-324, a ocupação do entorno da lagoa do Subaé ocorre principalmente através da transformação de antigas fazendas da região em loteamentos.

Na primeira metade da década de 1980 foi implantado o primeiro loteamento residencial nas proximidades da lagoa do Subaé, o loteamento Parque Lagoa do Subaé. O projeto revisado do loteamento, dividido em dois módulos, foi elaborado em 1982 pela empresa João Falcão Urbanizadora Ltda., e aprovado pela prefeitura em 12 de setembro de 1984.

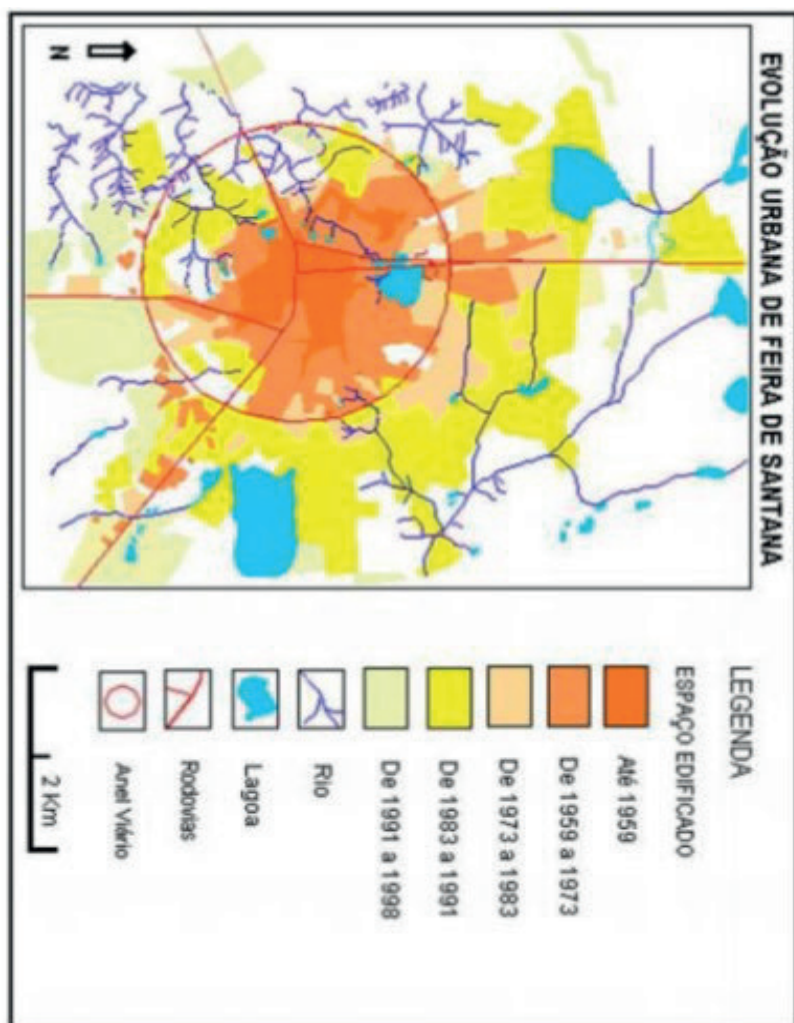



Figura 2 – Evolução urbana de Feira de Santana
Fonte: SANTO, 2007

Os moradores que passaram a habitar o loteamento, em geral pessoas com dificuldades financeiras, estavam entregues à própria sorte diante do descaso do setor público. O jornal Feira Hoje, em 1991, destaca os principais problemas enfrentados pela população residente no bairro:

> Os moradores do Parque Subaé, localizado nas proximidades da lagoa que recebe o mesmo nome, estão vivendo em meio a transtornos que podem ser classificados de verdadeiras calamidades. A falta de atenção por parte das autoridades municipal e estadual está deixando a população da localidade entregue ao "Deus dará", principalmente no que se refere ao saneamento básico. As pessoas estão utilizando poços, quando não recorrem à lagoa, que está poluída, segundo dizem. Além disso, falta esgotamento sanitário, iluminação, bom serviço de transporte e segurança. (FEIRA HOJE, 1991).

O acesso à água, especialmente nos períodos de seca, era um problema cotidiano enfrentado pelos moradores, que utilizavam cisternas e a lagoa do Subaé. Eis o que registra o Feira Hoje em 1991:

> O aposentado José Pacheco, de 52 anos, morador da casa de número 116, rua das Águas Pratas, revelou que até mesmo as cisternas utilizadas para o abastecimento estão secas, devido à chegada do verão, que se faz sentir pelo calor. [...] Para não morrer de sede, ele vai buscar água numa cisterna que fica a quase um quilômetro da sua casa, já que a maioria delas está seca. Outras pessoas não têm o mesmo cuidado, por sinal bastante trabalhoso, utilizam da água da lagoa do Subaé. Segundo os moradores, ela se encontra totalmente poluída. [...] Morando próximo à lagoa há cerca de dois meses

> sem saber informar ao certo seu endereço, a dona de casa Maria da Paz também utiliza das águas para lavar roupa. "Sei que a água é suja, mas o que eu posso fazer? A renda da minha família é baixa, já que o meu marido é ajudante de pedreiro e não temos condições de mudar para um local onde existe água encanada", lamenta. O seu filho de dois anos também esteve doente com febre alta e a suspeita disso recai sobre a água da lagoa. (FEIRA HOJE, 1991).

A reportagem sinaliza que a água da lagoa do Subaé em 1990 já estaria poluída, mas continuava sendo utilizada pelos moradores por causa da condição de fragilidade social em que se encontravam, especialmente no período de estiagem, quando até os poços secavam, limitando ainda mais as possibilidades de acesso à água potável na região.

Dentre as causas apontadas para a poluição da Subaé no período estão dois vetores: o primeiro é a contaminação por esgoto doméstico, tendo em vista a inexistência de saneamento básico no bairro; o segundo é a contaminação industrial, decorrente do descarte de resíduos sem tratamento na lagoa, como se pode observar no trecho da reportagem, também de 1991, do mesmo jornal:

> A sua casa, conforme disse, possui espaço para a instalação do sanitário, mas até hoje não foi construído. "Se não tem água nem esgoto, de que vai adiantar?", indaga. Diante da situação, muitos moradores defecam e urinam no mato, o que expõe a saúde das crianças a infecções. [...] Jailton Araújo mora no Caminho 21, casa 8 do Conjunto Feira V, mas trabalha numa firma no Parque Subaé, acusa as indústrias da área de poluírem a lagoa, através de dejetos sanitários. Mesmo sabendo, no entanto, ele utiliza a água: "Quando estou trabalhando na caldeira, e a sede aperta, o remédio é beber qualquer água". (FEIRA HOJE, 1991).

De acordo com o jornal, a poluição da lagoa do Subaé acometia a população que vivia em seu entorno por causa do uso da água, sendo as crianças a parcela mais atingida pelas doenças, principalmente por verminoses diversas, febres (sem clara definição das doenças às quais estariam relacionadas) e problemas de pele, como se pode observar nas falas dos moradores entrevistados pelo Feira Hoje em 1991:

> "Dois dos meus seis filhos, inclusive minha esposa, já queimaram de febre várias vezes. O mais novo tem a pele toda estourada. Não sou médico mas tenho certeza que o causador disso é a falta de sistema sanitário e de água limpa" (FEIRA HOJE, 1991).

> "O meu filho, ao beber água da lagoa, pegou febre e apareceram diversos caroços pelo corpo. Além disso suspeito que está com uma solitária na barriga" (FEIRA HOJE, 1991).

Durante a década de 1990 a disponibilidade hídrica na lagoa do Subaé era maior, e a população fixada em seu entorno relacionava-se diretamente com ela, que servia como fonte de água potável. Entretanto, porque não se fazia o descarte adequado de dejetos industriais e residenciais, o corpo hídrico se contaminou e veio a ser um vetor de doenças para os moradores do bairro.

Somente em 2010 começou a ser implantada a rede de saneamento básico no bairro pela Embasa, através de um consórcio com a empresa Top Engenharia. Essa obra suscitou diversos debates na cidade, levantados pelo Fórum Ecológico de Feira de Santana, com participação ativa dos membros representantes da instituição, Sérgio Aras, Frei José Monteiro e Lucila Pinho.

Realizada com recursos do PAC 2, a implantação dessa infraestrutura custou R$ 45,9 milhões para os serviços de ligações prediais, instalação de rede coletora, estação elevatória e

ampliação da estação de tratamento de esgoto, que beneficiaram vários bairros, além do Subaé. Mas, com o objetivo de resolver o crônico problema de saneamento básico na região, a execução da obra cortou e revirou o espelho d'água da lagoa.

O Fórum Ecológico de Feira de Santana apresentou à imprensa a situação degradante da área de preservação permanente da lagoa do Subaé, causada pelas obras de saneamento básico de responsabilidade da Embasa, realizadas através de consórcio com a empresa Top Engenharia:

> Durante a reunião, na noite desta quarta-feira (4), em sala da Câmara de Dirigentes Lojistas (CDL), membros do Fórum apresentaram fotos e vídeo que denunciam agressões à Lagoa. As críticas se referem à passagem de manilhas pelo leito da Lagoa, retirada da vegetação ciliar, diminuição do espelho d'água, em consequência do depósito de terras dentro da Lagoa, que foram retiradas para passagem das manilhas, além da remoção de pedras do leito. (GOMES, 2010)

Nas Fotografias 1 e 2, fica nítida a devastação provocada pela obra citada no leito da lagoa, que ficou bastante assoreado. A obra fez parte da ampliação do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) de Feira de Santana, na complementação da Bacia do Subaé.

A partir de 2010 nota-se uma aceleração do processo de ocupação da lagoa, que passou a ser tema recorrente na imprensa feirense, com a denúncia tanto das condições precárias encontradas no bairro Subaé quanto dos crimes ambientais que sucessivamente ocupam e aterram a lagoa nos anos seguintes.

Em 2012, a Folha do Estado denunciou o aterro (Fotografia 3) na lagoa do Subaé para a construção de uma fábrica. Segundo o jornal, o ato configura-se como crime ambiental, e, por estar na área da lagoa, corria o risco de alagamento na época de chuva:

> Foi em cima da Lagoa do Subaé que um galpão que vai abrigar uma fábrica de bebidas alcoólicas se instalou em Feira de Santana-BA. Nas margens da BR-324, sentido Salvador-Feira, próximo à Pirelli, na Avenida Pernambuco, no Centro Industrial do Subaé (CIS), o galpão foi construído em cima da lagoa. O local foi aterrado, como mostra a foto, para sustentar o empreendimento. Além de ser um crime ambiental, vale lembrar que quando a chuva começar a cair com força o local poderá ficar totalmente alagado, como já aconteceu com outras fábricas que se instalaram desta mesma forma (FOLHA DO ESTADO, 2012).

Foto 1 – Leito da lagoa do Subaé assoreado durante a construção das obras de saneamento (2010)
Fonte: Fórum Ecológico de Feira de Santana, 2010

Foto 2 – Material usado nas obras de saneamento na lagoa do Subaé (2010)
Fonte: Fórum Ecológico de Feira de Santana, 2010

Foto 3 – Aterramento da lagoa do Subaé para a construção de uma fábrica (2012)
Fonte: Folha do Estado, 2012

Na Fotografia 3 pode-se observar o espelho d'água da lagoa, já recoberto de taboas, sendo aterrado por detritos e areia. A ocupação da porção sul da lagoa do Subaé por empresas, a despeito da legislação ambiental, continua nos anos seguintes, e é assegurada a partir da Lei Complementar nº 86/2014, que determina que uma faixa de 1 (um) quilômetro, a contar do limite da BR-324, seja configurada como área de predominância industrial na região.

Na porção norte da lagoa do Subaé, a expansão urbana na área da lagoa continuou promovendo sua ocupação e contaminação. Em 2013, o Jornal Grande Bahia assim denuncia o fato:

> Na manhã de ontem (03/09/2013), a equipe do Jornal Grande Bahia visitou a comunidade do Parque Lagoa do Subaé, motivada por denúncias dos moradores, que após anos de desassistência resolveram protestar, na forma de denúncias. O loteamento foi autorizado durante o governo do falecido prefeito Colbert Martins, há cerca de 30 anos, e ao longo do tempo, um terreno com características de brejo (localizado entre as lagoas do Subaé e Salgada) foi sendo vendido a pessoas de baixa renda. O negócio foi realizado por uma das mais 'tradicionais' famílias da cidade, 'Falcão', através da empresa João Falcão Urbanizadora Ltda. O loteamento é um acinte à dignidade humana. Esgoto a céu aberto, quadras com alagadiços e vegetação típica de brejo, rede elétrica deficitária, sistema viário totalmente ineficiente e incapaz de receber o fluxo adequado de veículos de transporte de massas, a exemplo de ônibus, além da deficiente rede de água potável. O quadro de desmandos é completado por moradores do próprio loteamento que agridem o meio ambiente promovendo o aterro das lagoas (Jornal Grande Bahia, 04/09/2013).

O consórcio Moradda/Falcão, composto pela Moradda Empreendimentos, dirigida por Everton Cerqueira, e a João Falcão

Urbanizadora, dirigida por Wilson Falcão, foram acusados de retomar a venda de lotes na região, em áreas dentro da área de proteção legal da Subaé. Além de degradar o manancial, o empreendimento não possui nenhuma infraestrutura, fomentando novos problemas ambientais decorrentes da falta de saneamento básico, como descreve o trecho adiante, extraído da reportagem publicada pelo Jornal Grande Bahia:

> Mas, o que parecia como um problema social ligado a ações do passado, tomou nova forma recentemente, oportunidade em que dois proeminentes ex-vereadores e empresários de Feira de Santana se uniram para revender novos lotes no Parque Lagoa do Subaé. Reunidos em consórcio, a Moradda Empreendimentos, que é dirigida por Everton Cerqueira; e a João Falcão Urbanizadora, através de Wilson Falcão, retomaram as vendas, entregando à pessoas de baixa renda e em situação de vulnerabilidade socioeconômica, lotes sem água potável, sem redes elétricas, de drenagem e de saneamento. Para completar o dantesco quadro, o que seriam ruas de acesso às casas, se conformam em caminhos de terra batida, com densa mata. O Jornal Grande Bahia entrevistou Valdilene Bispo dos Santos Oliveira, proprietária de um dos imóveis, localizado a cerca de 100 metros da lagoa. No recibo de compra apresentado pela moradora consta o valor de R$ 7.035,00, pagos em 29 de agosto de 2011, ao consórcio Moradda/Falcão. Referente ao Lote 79, Quadra XXVI, localizado na "Rua" Souza Rodrigues, nº 47. (Jornal Grande Bahia, 04/09/2013).

A denúncia teve grande repercussão na mídia. As matérias reafirmam a condição de agressão ambiental da venda dos lotes para pessoas de baixa renda no Subaé, através da divulgação de documentos, como contrato de compra e venda, dentre outros. O jornalista à frente da denúncia, Carlos Augusto, chegou a ser

ameaçado de processo pelos acusados (Jornal Grande Bahia, 23/10/2013).

A ausência de uma legislação ambiental clara na década de 1980, período no qual o loteamento foi aprovado pela prefeitura, cria brechas para a ocupação predatória das bordas da lagoa do Subaé. Além da agressão ao manancial, as condições de vida no bairro eram ressaltadas pela mídia como um perigo à própria saúde dos moradores, especialmente na disseminação de doenças como verminoses nos períodos de cheias (Jornal Grande Bahia, 23/10/2013).

Assim, o bairro estaria assentado numa região de brejo. Isso demonstra o avanço das casas na área da lagoa, comprovado pelo afloramento de água em várias partes do loteamento, como retratado na Fotografia 4. Além disto, apesar da ampliação da rede de esgoto ocorrida em 2010, não há cobertura total no bairro, e os moradores mais recentes não têm acesso sequer à água encanada e à luz elétrica. O esgotamento é realizado de forma precária e irregular, contribuindo ainda mais para a contaminação das águas da lagoa.

Em 2014, a comunidade, através do jornal Tribuna Feirense, denuncia novamente um crime ambiental nas proximidades da lagoa do Subaé; desta vez, trata-se da derrubada da mata ciliar para a construção de casas dentro da área de proteção legal da Subaé:

> Quando a reportagem da Tribuna Feirense se deslocou para a lagoa do Subaé para ver a quantas anda o estágio de degradação, acabou registrando um flagrante de crime ambiental. Um trator devastava ainda mais a área, onde a mata ciliar foi completamente destruída do ano passado pra cá. [...] o loteamento foi aprovado pela prefeitura na década de 80, mas admitiu que a limpeza para demarcação dos lotes é ilegal se estiver sendo feita dentro da Área de Preservação Permanente (APP) da lagoa.

> A empresa deverá, segundo ele, ser notificada pela prefeitura para recuperar a área, colocando o Prad em prática, inclusive com o plantio de árvores nativas. No site da Falcão Construtora (www.falcaoconstrutora.com.br), consta que são 2.291 lotes residenciais através do consórcio Moradda/Falcão, numa parceria com Everton Cerqueira, também ex-vereador (chegou a ser presidente da Câmara de 1997 a 2000). (TRIBUNA FEIRENSE, 16/05/2014).

Foto 4 – Afloramento d'água no loteamento Parque Lagoa Subaé (2013)
Fonte: Jornal Grande Bahia, 2013

A denúncia acima transcrita demonstra a ineficiência do governo local em atuar na coibição de crimes ambientais e proteger as áreas demarcadas. Apesar da grande divulgação na mídia em relação ao impacto causado pelas ações do Consórcio Moradda/Falcão, um ano depois a agressão à lagoa do Subaé

apenas se agrava, tendo em vista a derrubada completa da mata ciliar e construção de novas casas e vias na margem da lagoa.

A reportagem do Tribunal Feirense traz um comparativo na Fotografia 5, que representa o avanço sobre a lagoa do Subaé: ambas fotos retratam a região conhecida como Prainha, à esquerda em 2005; a à direita em 2014, É visével a grande redução da lagoa nesse período, uma vez que na primeira foto ainda era possível andar de barco na Subaé, enquanto na segunda o espelho d'agua resume-se a uma poça.

O trecho transcrito da reportagem publicada pela Tribuna Feirense descreve a Subaé do passado e diz o que aconteceu com ela, como é ilustrado pelas imagens chocantes visualizadas acima:

> Antigos moradores do entorno da lagoa do Subaé contam não apenas de sua beleza e grandiosidade, mas também do quanto era útil. Com fontes que nunca secavam (até serem aterradas), a lagoa era o sustento das famílias. Com sua água limpa e abundante tomavam banho, molhavam plantas, lavavam roupas e pescavam camarão e peixes como piaba, traíra e cambota. Serviam para comer e vender. [...] A nascente, conhecida como Prainha, já foi um lugar belíssimo, onde se passeava em barco, tomava-se banho e a pesca era farta. A região fica dentro do setor B do Centro Industrial do Subaé (CIS). É cercada por industrias, que dão sua cota de contribuição para poluir. A Prainha virou uma poça d'água suja, ladeada por taboas em grande parte queimadas. Mal se distingue a água. Lembra mais um canteiro de obras. Conforme Frei Monteiro, os antigos moradores são categóricos ao contar que a poluição a olhos vistos começou com a extinta fábrica Phebo. Caçambas despejavam resíduos de materiais de fabricação de sabão e perfume, causando a morte dos peixes. Em seguida, o manancial foi sendo mais e mais degradado em decorrência de crescentes desmatamentos, construções de casas próximas e

> lançamentos de detritos, arrastados por tratores, o que tornou-a rasa, mais sujeita à evaporação pelo calor do sol. A lagoa recebe esgoto industrial do CIS e doméstico dos bairros adjacentes. (TRIBUNA FEIRENSE, 16/05/2014).

Na referida reportagem aparecem duas lagoas: a primeira, do passado, com sua beleza e os usos que a comunidade fazia dela, e a segunda, engolida e poluída pelas indústrias e residências que se instalaram na região após a implantação do CIS. A partir disto, podemos entender que a degradação da lagoa, em grande medida, se deu pela introdução de grandes empresas na região.

Em 2015, a construção de casas nas proximidades da lagoa do Subaé continuou a acontecer, como registrado na Fotografia 6, na qual pode-se ver, em primeiro plano, as casas em construção e ao fundo a Subaé sendo aterrada por detritos. Eis, a esse respeito, trecho da reportagem publicada no Jornal Grande Bahia:

Foto 5 – Prainha da Lagoa do Subaé em 2005 e 2014: degradação

Fonte: Tribuna Feirense, 2014

> Na tarde de ontem (22/04/2015), moradores do Residencial Parque Lagoa do Subaé, em Feira de Santana, recepcionaram a equipe do Jornal Grande

> Bahia com a finalidade de protestar contra o nível de degradação ambiental da lagoa Subaé, tendo como consequência a perda de qualidade de vida na localidade. Os moradores relataram que com as chuvas de abril o nível da lagoa subiu, mas uma obstrução de concreto e pedra impede que a água da lagoa circule de forma livre. A obstrução da água ocasiona o aumento de insetos, contribuindo com a degradação da qualidade de vida dos moradores. Eles informaram que além da obstrução, o loteamento implantando pela Falcão Urbanizadora não preservou as margens da lagoa com o plantio de árvores. Eles também lamentaram que habitações estejam sendo erguidas na conta de alagamento da lagoa, o que ocasiona a destruição do manancial hídrico. (JORNAL GRANDE BAHIA, 23/04/2015).

Foto 6 – Habitações construídas na cota de alagamento da Lagoa do Subaé em Feira de Santana (2015)
Fonte: Jornal Grande Bahia, 2015

O impacto causado pelas ações do consórcio Moradda/ Falcão, desde 2013, continuou prejudicando tanto a lagoa quanto a vida dos moradores que viviam em seu entorno. A respeito do reflexo das denúncias na imprensa neste período, a reportagem acrescenta:

> A degradação ambiental da lagoa do Subaé foi denunciada ao Ministério Público do Estado da Bahia (MP-BA). Na época, Luciano Taques, responsável pela 1º Promotoria do Meio Ambiente de Feira de Santana, instaurou inquérito para apurar o fato. Mas, quando estava prestes a promover o inquérito em denúncia, foi removido de Feira de Santana (JORNAL GRANDE BAHIA, 23/04/2015).

Mais uma vez, nota-se que o descaso no tratamento dos problemas ambientais permitiu o avanço da degradação da lagoa do Subaé nos últimos anos. O jornal Folha do Estado também retratou a ocupação da lagoa em 2015. Segundo a reportagem, além da já citada ampliação do loteamento, invasões contribuíram para o avanço das construções na área da lagoa:

> ***Cerca de 500 famílias estão fazendo a construção de casas de maneira irregular, sem qualquer tipo de autorização ou mesmo supervisão, uma vez que este empreendimento está sendo erguido nas imediações da nascente da Lagoa do Subaé, acabando aos poucos com mais um manancial de águas na cidade. Os invasores lotearam o espaço e estão erguendo as construções, sem qualquer temor de uma fiscalização, ou mesmo uma possível punição por parte das autoridades competentes. Mesmo sem apresentar documentos, eles garantem que são regidos por uma associação, que por sua vez possui respaldo para realizar a construção. "Nós não temos casa, não temos para onde ir e por isso nos organizamos através de uma associação e demos entrada no Ministério Público que nos autorizou a construir nesta área", ressaltou o líder comunitário,***

> ***Adailton Sacramento. [...] São aproximadamente 500 casas que estão sendo construídas. Até agora, deste total foram construídas 200 e as edificações cada vez mais avançam em direção à nascente. «Fazer o quê? Sabemos que estamos na região de uma lagoa, mas precisamos da moradia. A nossa situação é difícil porque somos pobres, não temos como pagar aluguel e a construção das casas, mesmo sendo aqui, vai nos ajudar muito", afirmou Adailton Sacramento. (FOLHA DO ESTADO, 20/01/2015).***

Segundo a reportagem, os moradores, embora sejam conscientes de que estão construindo em uma área de preservação ambiental, e degradando a lagoa, o fazem pela condição de fragilidade socioeconômica na qual se encontram. Neste trabalho, não cabe discutir a problemática das ditas invasões. Assumiremos aqui o impacto das construções na ocupação da lagoa, sem entrar no mérito da legalidade da aprovação ou não destas pela prefeitura.

Em 2016, a lagoa do Subaé volta a ser tema recorrente na imprensa feirense. Desta vez, por causa da instalação de uma loja da rede atacadista Atacadão na lagoa do Subaé. O empreendimento começou a ser construído em abril de 2016, e já na fase de terraplanagem (Fotografia 7) começou a ser criticado por estar em área de proteção ambiental.

A ampla repercussão na imprensa e nas redes sociais obrigou a prefeitura a recuar na autorização da obra, que foi paralisada, e solicitar novos estudos a fim de determinar se estaria de fato dentro da lagoa, conforme trecho da reportagem publicada pela Tribuna Feirense:

> Esta semana, teve início a terraplanagem de um terreno às margens da BR-324, sentido Salvador-Feira, para a construção de uma unidade da rede Atacadão, o que logo chamou a atenção por se tratar supostamente de mais uma parte da Lagoa

> do Subaé — e talvez até uma nascente do rio de mesmo nome — sendo aterrada. Com a repercussão do caso, a prefeitura mandou suspender as obras na terça-feira (12), por suspeita de que se trate de Área de Preservação Permanente (APP), e exigiu que a empresa faça um estudo hidrogeológico no local. A própria prefeitura havia concedido a licença ambiental, autorizando a construção em novembro do ano passado. (TRIBUNA FEIRENSE, 15/04/2016).

Foto 7 – Terraplanagem às margens da BR-324 para implantação do Supermercado Atacadão no bairro Subaé em Feira de Santana (2016). No destaque, a lagoa sendo aterrada
Fonte: Tribuna Feirense, 2016

A autorização para a execução da obra foi concedida pela prefeitura, apesar de existirem estudos prévios que determinam

esta área como pertencente à lagoa do Subaé. Em 2011, no âmbito de um convênio firmado entre a UEFS e o CIS, o professor e engenheiro civil Gerinaldo Costa realizou um estudo detalhado da região, intitulado "Levantamento Cadastral da Área da Lagoa do Subaé". O estudo, segundo a reportagem da Tribuna Feirense, assim destaca os limites da lagoa: "o professor garante que a obra teve início 'dentro da lagoa', e que ali se trata também de uma nascente do rio Subaé" (TRIBUNA FEIRENSE, 15/04/2016).

Ainda sobre a autorização da obra, a reportagem acrescenta:

> Diferente do que disse Gerinaldo, o diretor regional do Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Inema), Messias Gonzaga, afirma que ali não é nascente do rio Subaé, embora confirme que o rio passa por lá, sendo de qualquer forma uma área de interesse para preservação em nível estadual. O secretário do Meio Ambiente, Maurício Carvalho, procura minimizar a questão ambiental, dizendo que "não existe naquela área como um todo, digamos assim, um entendimento homogêneo e absoluto em relação à questão das APPs". Ele alega que, com as alterações ambientais, não existe um consenso sobre o assunto e que desconhece o estudo do engenheiro da UEFS. Maurício Carvalho afirma que, quando a Secretaria Municipal de Meio Ambiente licenciou a obra, não identificou o local como uma APP, "pois não existe hoje um consenso, a área é muito grande". Segundo ele, o estudo hidrogeológico é complementar e não uma condicionante para o município conceder a licença ambiental, por isso a prefeitura não exigiu que a empresa o apresentasse antes do início da obra. (TRIBUNA FEIRENSE, 15/04/2016).

As afirmações do então secretário do Meio Ambiente de Feira de Santana evidenciam a falta de prioridade das questões

ambientais para a prefeitura, que, no intuito de aprovar a obra, chega a colocar em xeque a existência da própria lagoa do Subaé.

O Jornal Grande Bahia noticia que, durante a sessão do dia 19 de abril de 2016, o vereador Alberto Nery, que preside a Comissão de Obras, Urbanismo, Infraestrutura e Meio Ambiente da Casa, leu o relatório da visita feita pela Comissão da Câmara à obra executada na lagoa do Subaé. Além de reafirmar as irregularidades da obra, o vereador acrescenta:

> Outra denúncia de possível crime ambiental cometido pela prefeitura apresentado pelo jornal Folha do Estado também foi pauta do discurso do líder da bancada de oposição. Segundo a publicação, um posto de saúde está sendo construído no bairro Parque Lagoa Subaé, nas margens da mesma Lagoa, desrespeitando a distância mínima permitida por lei. "Se nem a própria prefeitura respeita as áreas de proteção ambiental, se justifica a autorização para obras em locais indevidos. Essa é só mais uma demonstração da falta de compromisso desse governo com a cidade e seu povo. Como presidente da Comissão, continuaremos acompanhando e cobrando para que seja investigado se houve crime ambiental para punir os responsáveis, além de tentar reparar os danos causados ao meio ambiente". (JORNAL GRANDE BAHIA, 22/04/2016).

Assim, o poder público, que deveria garantir a observação das leis ambientais no município, acaba por desrespeitá-las. Ao invés de solicitar um estudo independente sobre a região, a prefeitura acatou o relatório encomendado pela própria empresa interessada, o qual atestou que não se trata de uma área de lagoa, nem de nascente. Abaixo, o texto reproduzido na íntegra da reportagem sobre o problema:

> Diagnóstico de empresa especializada, emitido após a realização de Estudo Hidrogeológico, indica que

a construção de um prédio comercial do setor de atacados em Feira de Santana, em área próxima à Lagoa do Subaé, no bairro Santa Mônica II, não causa dano ambiental. O trabalho de campo feito pela MAB Consultoria e Serviços Ambientais, sediada em Salvador, teve a supervisão do Departamento de Licenciamento e Fiscalização da Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMAM). A necessidade do estudo se deu por conta de suspeitas, lançadas nos meios de comunicação, de que as instalações de uma filial do "Atacadão", em fase inicial de construção, poderiam representar aterramento de parte da Área de Preservação Permanente (APP) da Lagoa do Subaé. A obra foi interditada pela SEMMAM, até a apresentação do resultado da análise. Mestre em Geoquímica e Meio Ambiente, a geóloga Lígia Nunes Costa (CREA-BA 14.938/D) assina o documento. Diz o estudo: "Os trabalhos de campo visaram o reconhecimento da área com o levantamento dos dados primários, do meio físico e biótico da área investigada; e secundários, através das sondagens a percussão, com o objetivo de caracterizar a litologia e as características do lençol freático, o levantamento topográfico da área para entender o direcionamento do fluxo da água superficial e subterrânea. Fez-se a comparação de sondagens realizadas em abril de 2016 executadas pela empresa APOIO, com as sondagens feitas pela empresa Ação Engenharia, em 2015". Em suas conclusões, a MAB Consultoria e Serviços Ambientais afirma que o local (onde está sendo construído o prédio comercial) "não é uma lagoa, nem nascente, nem tampouco se encontra na cota de inundação da Lagoa do Subaé, por estar a 173,13 metros desse corpo hídrico". Em zonas urbanas, como é o caso em debate, considera-se Área de Preservação Permanente espaços no entorno dos lagos e lagoas naturais em faixa com largura mínima de 30 metros. Com base nos dados apresentados em mapa de localização da área investigada, em

> relação à Lagoa do Subaé a distância da obra é cinco vezes maior que a preconizada pela legislação. O relatório acrescenta que "trata-se apenas de uma área úmida". Menciona ainda tratado internacional (Convenção de Ramsar) que determina que as AUs (Áreas Úmidas) no Brasil não são vistas como potenciais recursos hídricos disponíveis nas bacias hidrográficas. A conclusão do Departamento de Licenciamento e Fiscalização da SEMMAM é favorável à suspensão da Interdição Temporária da obra: "Pelo exposto e por tudo que consta no Estudo Hidrogeológico da área, não há base legal que justifique o impedimento da execução dos serviços propostos". (JORNAL GRANDE BAHIA, 05/05/2016).

A empresa MAB Consultoria e Serviços Ambientais havia sido contratada em 2013 para emitir um parecer sobre a ilegalidade de uma obra na Lagoa do Prato Raso, onde também concluiu que não se tratava de área de proteção ambiental. Sobre a liberação da obra, o vereador Alberto Nery afirma que a prefeitura insiste no crime ambiental:

> "Agora para a nossa surpresa, a prefeitura emite um parecer favorável à retomada das obras, baseado em um estudo feito pela própria empresa interessada na execução, atestando que não se trata de uma Área de Preservação Permanente. Ora, claro que a empresa não daria um parecer contrário a ela mesma. Além disso, a empresa não conhece nossa realidade, não conhece as nossas nascentes. É lamentável". (JORNAL GRANDE BAHIA, 11/05/2016).

A aprovação da obra do Atacadão suscitou fortes discussões a respeito da gestão dos recursos hídricos feirenses na tribuna da Casa da Cidadania, entre os dias 24 e 25 de maio de 2016. Abaixo, reprodução do pronunciamento do vereador David Neto a respeito do caso:

> David levou à tribuna outro assunto: o aterramento da Lagoa do Subaé. Ele acredita que o Ministério Público irá intervir na questão e impedir que as obras no local continuem. "Tenho certeza de que a promotora Luciana Machado, junto ao Ministério Público, irá comprar esta briga e interditar aquela obra. Quando ela vir o que está acontecendo não irá se opor. Ontem vimos a olho nu o desleixo da Secretaria de Meio Ambiente em relação àquela lagoa. A do Prato Raso já foi aterrada e daqui a alguns dias Feira não terá mais lagoas", finalizou (Jornal Grande Bahia, 24/05/2016).

O vereador David Neto afirma que o processo pelo qual vem passando a lagoa do Subaé é similar ao que aconteceu no Complexo do Prato Raso, corpo hídrico, que, salvo uma pequena porção situada dentro do Parque Municipal Erivaldo Cerqueira, foi totalmente aterrado e ocupado por empresas e conjuntos habitacionais.

Sobre a negação da área como lagoa, o vereador Roque Pereira afirmou em seu discurso:

> "Ficou bem claro que não precisa ser um profissional para perceber as irregularidades da obra. Ali não precisa de engenheiro ambiental para perceber o cheiro da lama. Alguns profissionais da imprensa, que estiveram conosco na visita, podem confirmar. Água jorrando à vontade, e dizer que aquilo não é uma lagoa? Então, eu não sei mais o que é uma lagoa". (JORNAL GRANDE BAHIA, 25/05/2016).

Por sua vez, a vereadora Cíntia Machado criticou o sistema de concessão de licenças ambientais pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente, porque, segundo ela, era evidente a tentativa de esconder a realidade encontrada no local em prol da aprovação do empreendimento:

> "Venho a esta tribuna, na manhã de hoje, para falar sobre a nossa visita, do absurdo que presenciei. Ontem vi um crime ambiental diante de nós. Aqui quero dizer que não tem como defender. Quem estava lá pôde presenciar a lagoa viva, as pessoas morando quietinhas, a gente percebia as pessoas correndo, querendo murar para ninguém perceber nada". (JORNAL GRANDE BAHIA, 24/05/2016).

Mesmo com a liberação da obra, a Comissão de vereadores protocolou junto ao Ministério Público Estadual (MP-BA), 01 de junho de 2016, uma queixa no intuito de evitar o prosseguimento da obra. Publicado no Jornal Grande Bahia, o ofício encaminhado ao Ministério Público assinala:

> Ainda de acordo com o presidente da Comissão, é incompreensível que o Poder Público Municipal emita uma licença para a construção sem o estudo prévio necessário. "Como a Secretaria emite uma autorização para a construção em novembro de 2015 e somente agora, em 2016 e após as denúncias, solicita um estudo técnico? E mais: o estudo foi feito por uma empresa contratada pelo próprio hipermercado, maior interessado na continuidade da obra. Isso é no mínimo contraditório. Sem contar que um estudo feito em 2001 pela Universidade Estadual de Feira de Santana, uma instituição de tamanha credibilidade, foi ignorado. Agora, com o auxílio da Justiça, vamos lutar para evitar que mais uma Área de Preservação Ambiental seja destruída neste município" (JORNAL GRANDE BAHIA, 01/06/2016).

Entretanto, a queixa ao Ministério Pública não conseguiu impedir a execução da obra. A nova unidade do Atacadão na cidade foi inaugurada em 29 de setembro de 2016 e representa mais uma vitória dos grandes interesses econômicos sobre os mananciais feirenses. Sobre esse fato, o Jornal Grande Bahia

reproduziu o pronunciamento, na Câmara Municipal, do vereador Beldes Ramos:

> "Vamos ver em Feira esse clima terrível cada vez mais piorar, se continuarmos matando as nossas lagoas. Não é possível que, em nome do progresso, em nome de muitos, continuemos assassinando o nosso meio ambiente. Fizemos as denúncias e continuam aterrando, por omissão do poder público, as lagoas estão sendo mortas com a permissão do poder público. Isso não pode acontecer, e peço à Comissão de Meio Ambiente desta Casa que verifique. A Lagoa Salgada também está sendo aterrada. Nossa cidade, que já foi conhecida como Santana dos Olhos d'Água, será Santana dos Olhos Secos". (JORNAL GRANDE BAHIA, 14/04/2016).

Em 2017, a prefeitura anunciou a construção de um parque na Lagoa do Subaé, com o objetivo de construir pistas de Cooper que deveriam delimitar as áreas das lagoas e "estancar a sangria", contendo o avanço da ocupação da ocupação nessas áreas, além de criar novos espaços de lazer na cidade (CORREIO, 18/09/17). Entretanto, cumpre observar que os limites propostos nesses parques não são os mesmos definidos na legislação ambiental, o que os torna um instrumento de invasão e deterioração do espelho d'água.

Conclusão

O acelerado crescimento urbano de Feira de Santana não foi acompanhado por serviços básicos, como água encanada e saneamento público. Nas periferias da cidade, a população se

valia dos recursos disponíveis para sanar suas necessidades, como os das lagoas e nascentes. A deficiência do poder público para regulamentar as condições sanitárias nessas áreas resultou no uso indevido dos corpos hídricos e em sua contaminação por dejetos residenciais. A Subaé não difere deste contexto.

A lagoa do Subaé configura-se hoje como uma das áreas de maior pressão ambiental na cidade de Feira de Santana. Tanto a expansão industrial quanto a expansão urbana constituem os principais vetores de degradação deste corpo hídrico, que está à beira do desaparecimento total (Silva, 2014). Os principais marcos do processo de ocupação da lagoa do Subaé, a partir de sua análise documental, podem ser sintetizados no gráfico do Quadro 1.

Como principais vetores de degradação da Subaé, podem ser destacados: 1) a instalação de um sistema viário cujo traçado, tanto de rodovia quanto de vias de acessos, terminaram por esquartejar a lagoa; e 2) a expansão urbana descontrolada, aqui resultante da implantação de loteamentos, construção de fábricas e empresas, além de residências autorizadas e não autorizadas pelo poder público, que destruíram a mata ciliar e ocuparam várias áreas no entorno da lagoa.

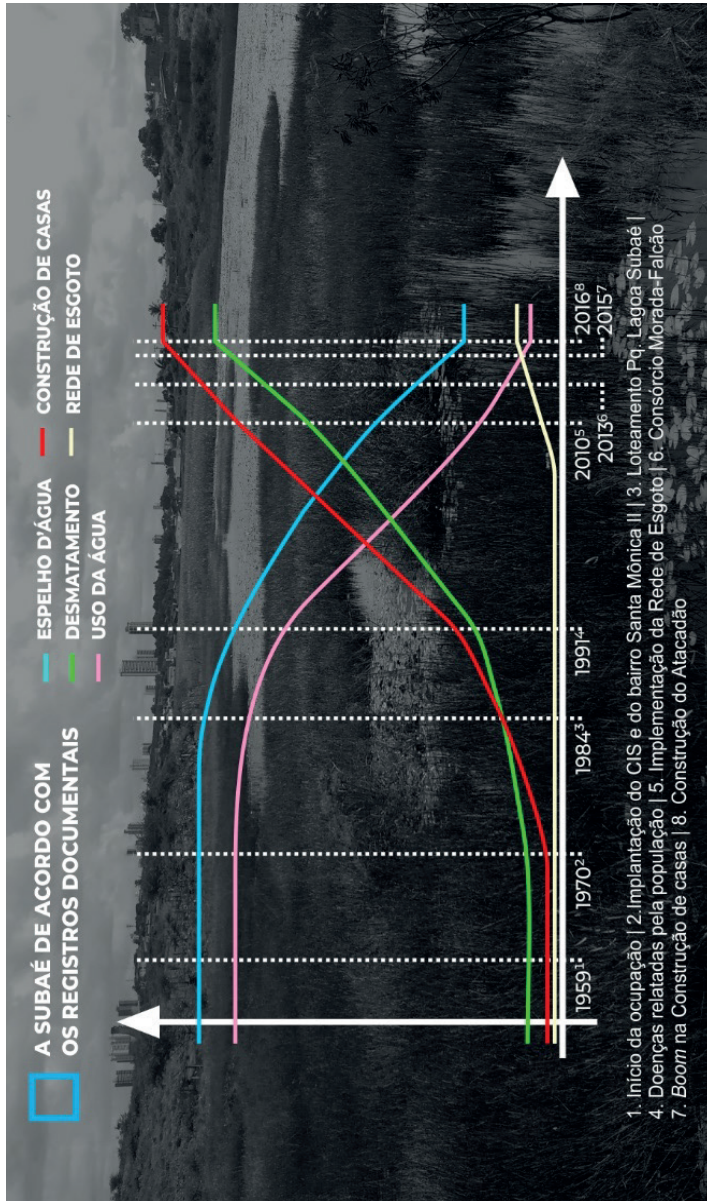
A deficiência da oferta de serviços básicos na região, como água encanada e saneamento básico, veio a ser um grave problema ambiental, com desdobramento tanto na poluição das águas da lagoa quanto na saúde dos moradores.

As construções habitacionais inadequadas nas proximidades da lagoa promoveram o aterramento ao longo das décadas subsequentes e a diminuição gradual de seu espelho d'água, na mesma medida que as fossas e dejetos domésticos e industriais, despejados sem qualquer preocupação, comprometeram a qualidade da água no entorno do Centro Industrial do Subaé, visto que "as águas do aquífero freático estão impróprias para consumo humano quanto aos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos,

segundo a Portaria nº 2914/2011, do Ministério da Saúde e pela Resolução CONAMA nº 396/2008 do Ministério do Meio Ambiente" (LIMA *et al.*, 2012).

Nas referências jornalísticas do período focalizado neste trabalho, as denúncias da situação do bairro no entorno da lagoa enfatizam a urgente necessidade de se urbanizar a região. A ocupação da Subaé acelerou-se a partir de 2010, o que foi criticado pelos meios de comunicação e posteriormente pelas redes sociais, porque constituiu um crime ambiental, com construções irregulares dentro da área de preservação da lagoa.

Em alguns momentos, a própria prefeitura desrespeita a legislação ambiental, como no caso da instalação de um posto de saúde dentro da APP da lagoa. É possível perceber o descaso do poder público local no tratamento das denúncias e na proteção da lagoa do Subaé.

Nos últimos anos, a própria condição de existência da Subaé enquanto lagoa passa a ser questionada, já que ela é loteada e ocupada, com alvarás das autoridades que deveriam atuar em prol de sua preservação. Daí, a constatação melancólica: o Poder Executivo de Feira de Santana muito contribui para promover o desaparecimento das lagoas da cidade e o silêncio a respeito de tão grave problema ambiental.

Quadro 1 – Gráfico qualiquantitativo dos principais marcos temporais da lagoa do Subaé, conforme a análise documental

Fonte: Elaboração pelos Autores

Referências

ADORNO, Erivaldo Vieira. Avaliação da influência de aspectos socioambientais do alto da Bacia do Rio Subaé sobre a qualidade das águas superficiais. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente) – Departamento de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Feira de Santana, 2012.

ALMEIDA, J. A. P. Estudo morfodinâmico do sítio urbano de Feira de Santana, BA. Dissertação (Mestrado em Geociências). Universidade Federal da Bahia (UFBA). Salvador, 1992.

Anuário Estatístico de Feira de Santana, v. 3, 2012. Feira de Santana: CDL, 2012.

ARRUDA, Gilmar. Urbanização e o abastecimento de água potável em Londrina, PR, no contexto da "era da ecologia" (1970-1980) in: **Agua y territorio**, n. 11, p. 58-69, Enero-Junio 2018, Universidad de Jaén, Jaén, España.

AUGUSTO, Carlos. Feira de Santana: ampliando a degradação ambiental, implantação de etapa do loteamento residencial Parque Lagoa do Subaé é feita em zona industrial. **Jornal Grande Bahia**, 12 out. 2014.

AUGUSTO, Carlos. Loteamento Parque Lagoa do Subaé: dois ex-vereadores e empresários de Feira de Santana estão envolvidos na venda de lotes sem infraestrutura a pessoas de baixa renda. **Jornal Grande Bahia**, 04 set. 2013.

AUGUSTO, Carlos. Feira de Santana: documentos comprovam crime ambiental praticado pela João Falcão Urbanizadora, através do consórcio Moradda/Falcão. **Jornal Grande Bahia**, 23 out. 2013.

AUGUSTO, Carlos. Feira de Santana: moradores do Loteamento Parque Lagoa do Subaé revelam que doenças são transmitidas em períodos de chuvas. **Jornal Grande Bahia**, 29 out. 2013.

AUGUSTO, Carlos. Empresários Wilson Falcão e Everton Cerqueira tentam usar o direito de recorrer à Justiça para intimidar jornalista Carlos Augusto. **Jornal Grande Bahia**, 29 out. 2013.

AUGUSTO, Carlos. Feira de Santana: Consórcio Moradda/Falcão emite nota reafirmando responsabilidade da prefeitura com relação ao loteamento Parque Lagoa do Subaé. **Jornal Grande Bahia**, 09 set. 2013.

AUGUSTO, Carlos. Feira de Santana: a lagoa do Subaé "clama" por vida. **Jornal Grande Bahia**, 15 abr. 2015.

BRASIL. Política Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/LEIS/L6938.HTM>. Acesso em: 20 jan. 2019.

CONAMA. Resolução nº 001 de 1986. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>. Acesso em: 20 jan. 2019.

CONAMA. Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981. Dispõe sobre a criação de Estações Ecológicas, Áreas de Proteção Ambiental e dá outras providências.

CONAMA. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

BORGES, Thais. Feira de Santana: lagoas da cidade serão transformadas em áreas de lazer. **Correio**, 18 set. 2017.

CAPELATO, Maria Helena Rolim. *A imprensa na história do Brasil.* São Paulo: Contexto/EDUSP, 1988.

CARMO, René Becker Almeida. A urbanização e os assentamentos subnormais de Feira de Santana. 2009. Tese (Doutorado em Ciências Sociais). Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.

CORREIA NETO, J. S.; NOLASCO, M. C.; ROCHA, C. C.; FRANCA-ROCHA, W. O uso do geoprocessamento na análise da situação ambiental das lagoas no município de Feira de Santana. In: **Anais do X Simpósio Brasileiro de geografia Física Aplicada**, 2010. Disponível em: <http://www.cibergeo.org/XSBGFA/eixo3/3.3/107/107.htm>. Acesso em: 20 set. 2019.

CUNHA, Fernanda Gonçalves da; VIGLIO, Eduardo Paim. *Atlas geoquímico da bacia do rio Subaé*: estado da Bahia. Salvador: CPRM, 2015.

DIAS, Laerte Freitas; LOBAO, Jocimara Souza Britto. *Um olhar sobre o municipio de Feira de Santana: a geografia e o*

geoprocessamento num contexto socioambiental. Feira de Santana, BA: UEFS Editora, 2016. 156p

ELMIR, Cláudio Pereira. Armadilhas do jornal: algumas considerações metodológicas de seu uso para a pesquisa histórica. **Cadernos PPG em História da UFRGS.** Porto Alegre, dez. 1995, p. 19-29.

FEIRA DE SANTANA. Lei Complementar nº. 1.612 de 11 de novembro de 1992. Código do Meio Ambiente.

FEIRA DE SANTANA. Lei Municipal nº 1804 de 01 de julho de 1995. Dispõe sobre diretrizes orçamentárias para o exercício de 1996 e dá outras providências.

FEIRA DE SANTANA. Lei Municipal nº 1924 de 26 de julho de 1997. Dispõe sobre diretrizes orçamentárias para o exercício de 1998 e dá outras providências.

FEIRA DE SANTANA. Lei Complementar nº 41/2009 de 26 de julho de 1997. Dispõe sobre diretrizes orçamentárias para o exercício de 1998 e dá outras providências.

FEIRA DE SANTANA. Lei Complementar nº 86/2014 de 04 de dezembro de 2014. Altera, modifica, amplia e dá nova redação à Lei nº 1615/92, que institui a lei do ordenamento do uso e da ocupação do solo na área urbana do município de Feira de Santana e revoga a Lei Complementar nº 46, de 19 de agosto de 2010, que dispõe sobre o sistema viário das áreas de expansão urbana da cidade de Feira de Santana.

FEIRA DE SANTANA. Lei Complementar nº 009/2013 de 22 de agosto de 2013. Amplia a zona indústria – ZN, na BR-324, no município de Feira de Santana e dá outras providências.

A degradação do Rio Jacuípe em Feira de Santana. 20/03/2017. Disponível em: <http://feirenses.com/rio-jacuipe/>. Acesso em: 29 mar. 2017.

FERNANDES, Francisco Rego Chaves; BERTOLINO, Luiz Carlos; EGLER, Silvia. Projeto Santo Amaro, BA: aglutinando ideias, construindo soluções – diagnósticos. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2012.

FERREIRA, Antônio Moreira. *A Feira no Século XX*. Feira de Santana: S/e, 2007.

FERREIRA, Divanice da Paixão. DIAS, Laerte Freitas. Legislação ambiental associado ao uso e cobertura da terra no município de Feira de Santana - BA. 2016. Disponível em: <http://periodicos.uesb.br/index.php/ascmpa/article/viewFile/3708/3393>. Acesso: 15 set. 2017.

Feira Hoje, 06/03/1971

Feira Hoje,16/05/1973

Folha do Estado, 19/09/2016

Folha do Estado. Construções irregulares destroem nascente da Lagoa Subaé, 20 jan. 2015.

GOMES, Orisa. Entidade denuncia agressões cometidas pela Embasa, 05/08/2010. Disponível em: <http://www.blogdafeira.com.br/index.php?ano=2010&his=8&p=26>. Acesso em: 05 ago. 2010.

GOMES, Orisa. Comunidade da Lagoa Subaé fará manifesto, 05/08/2010. Disponível em: <http://www.blogdafeira.com.br/index.php?ano=2010&his=8&p=26>. Acesso em: 05 ago. 2010.

GUERRA, A. T. *Novo dicionário geológico-geomorfológico*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 652p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Censo demográfico de 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Censo demográfico de 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Censo Demográfico 2010*. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

Jornal Grande Bahia. Comissão da Câmara Municipal de Feira de Santana ingressa com representação no MP, por indício de crime ambiental na Lagoa do Subaé, 01 jun. 2016.

Jornal Grande Bahia. Feira de Santana: vereador diz que Uefs confirma que empreendimento está sendo erguido em área de preservação ambiental, 24 mai. 2016.

Jornal Grande Bahia. Feira de Santana: vereador David Neto comenta sobre limite de áreas e aterramento da Lagoa do Subaé, 24 mai. 2016.

Jornal Grande Bahia. Lagoa do Subaé: área onde está sendo construído prédio comercial não é de preservação permanente, informa Prefeitura de Feira de Santana, 05 mai. 2016.

Jornal Grande Bahia. Município de Feira de Santana insiste em crime ambiental na Lagoa Subaé, denuncia vereador Alberto Nery, 11 de maio de 2016.

Jornal Grande Bahia. Prefeitura de Feira de Santana determina suspensão de obra em terreno sob suspeita de ser área de preservação permanente, 14 abr. 2016.

Jornal Grande Bahia. Vereador Beldes Ramos lamenta aterramento de lagoas em Feira de Santana, 14 abr. 2016.

Jornal Grande Bahia. Vereadora Cíntia Machado questiona licenças ambientais concedidas pelo Município de Feira de Santana, 24 mai. 2016.

Relatório do projeto de nascentes, lagoas e rios de Feira de Santana. Feira de Santana: UEFS, 1998.

ROCHA, C. C., SOUZA, G. B., BARBOSA, L. M., NOLASCO, M. C. Cadastramento das Feições das Águas Superficiais do Município de Feira de Santana. Feira de Santana: UEFS, 1997.

SANTO, S.M. A expansão Urbana, o Estado e as águas em Feira de Santana, Bahia (1940-2010). Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal da Bahia (UFBA), 2012.

SILVA, Alex de Souza. A influência do Centro Industrial do Subaé (CIS) no processo de urbanização do bairro do Tomba: um estudo de caso no município de Feira de Santana-Ba. Salvador, BA, 2010. Dissertação (Mestrado) – UNIFACS (Universidade Salvador). Laureate Internacional Universities. Mestrado em Desenvolvimento Regional e Urbano.

SILVA, Natane Brito. História ambiental da Lagoa do Subaé: influências da industrialização e projeção urbana, Feira de Santana - BA (1965-1985). 2014. Monografia (Licenciatura em História) – Universidade Estadual de Feira de Santana.

Dados dos Autores

ALDNIRA TOLENTINO NOGUEIRA

Engenheira Agrônoma pela Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)
Mestranda do Programa de Pós Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente - (PPGM) UEFS
Bolsista da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), 2020-2022

ALINE CORREIA DA SILVA

Geógrafa - UEFS
Especialista em Geoprocessamento – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas).
Mestre em Ciências Ambientais - UEFS

ANA PAULA RIOS DE CARVALHO

Mestre em Ciências Ambientais - UEFS
Professora e articuladora da área de Geografia pela Secretaria de Educação e Cultura do Município de Pé de Serra - BA

ANTÔNIO JOSÉ DOURADO ROCHA

Geólogo pela Universidade Federal da Bahia- UFBA
Especialista e Geologia Econômica pela Universidade Federal de

Ouro Preto (UFOP) Pesquisador na Superintendencia Regional de Salvador da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - Serviço Geológico do Brasil (CPRM - SGB) de 1972 a 2017.

BETHSAIDE SOUZA SANTOS

Mestre em Ciências Ambientais - UEFS
Professora Auxiliar do Departamento de Tecnologia (DTEC) - UEFS

CARLOS CÉSAR UCHÔA DE LIMA

Pós Doutor pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)
Professor Pleno do Departamento de Ciências Exatas (DEXA) - UEFS

CAMILA FIGUEREDO OLIVEIRA

Mestre em Ciências Ambientais - UEFS
Doutoranda em Geologia pelo Programa de Pós Graduação em Goeociências da UFBA

DEORGIA TAYANE MENDES DE SOUZA

Doutora em Geociências pela Universidade de Brasília (UnB)
Professora da Área de Geociências (DEXA) - UEFS
Coordenadora do Laboratório de Espectrorradiometria - PPGM/UEFS
Projeto Mapeamento Anual da Cobertura do Solo (MapBiomas) Caatinga e Árida.

ERENI DA SILVA OLIVEIRA

Mestranda PPGM/UEFS.
Professora efetiva da rede Estadual de ensino no Estado da Bahia (SEC-BA)

EUCLIDES DÉLIO MATULE

Mestre em Ciências Ambientais - UEFS
Professor do Instituto Politécnico de Ciências da Terra e Ambientais em Marola Moçambique

EVERLAN CARDOSO ARAUJO

MBA em Marketing Digital e Comunicação Online pela Universidade Cândido Mendes (UCAM)
Especialista em Docência do Ensino Superior pela Faculdade Entre Rios Piaí (FAERPI)

FABIANE SOUZA LIMA MEDEIRO

Mestre em Ciências Ambientais - UEFS.

FLÁVIO JORGE PONZONI

Engenheiro Florestal e Pós-Doutor na Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)
Pesquisador da Divisão de Sensoriamento Remoto do Instituto Nacional de Pesquisas Espacias (INPE) de 1985 a 2019.

HERMILINO DANILO SANTANA DE CARVALHO

Mestre em Ciências Ambientais pela UEFS
Professor da Área de Geografia do Departamento de Ciencias Exatas (DCHF) - UEFS

JOCIMARA SOUZA BRITTO LOBÃO

Doutora em Geografia pela Universidade Federal de Sergipe
Professora Titular do DCHF/UEFS
Coordenadora do PPGM - UEFS

JOSELISA MARIA CHAVES

Doutora em Processamento de Dados em Geologia e Análise Ambiental - UnB
Professora do PPGM/UEFS
Coordenadora do Mestrado Profissional em Rede Nacional para Ensino das Ciências Ambientais (PROFCIAMB) - UEFS.

LUIS EDUARDO CUNHA SILVA

Geografo pela UEFS
Mestre em Geografia -UFS
Professor do Instituto Federal Baiano - IFBaiano

MARCOS VINICIUS DE ANDRADE LIMA

Historiador pela UEFS
Mestrando em historia da UFS.
Professor efetivo da SEC-Ba

MARJORIE CSEKO NOLASCO

Doutora em Geociências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
Coordenadora do Campus Avançado da Chapada Diamantina (CACD) - UEFS
Professora Titular do DEXA/UEFS e PPGM
Vice -coordenadora do PROFCIAMB, Associada UEFS
Conselheira Federal Suplente pela Bahia do Conselho Federal de Engenharias e Agronomia (CONFEA)

NATANE BRITO ARAUJO

Historiadora - UEFS
Mestra em Ciências Ambientais - UEFS

PAULO DE TARSO AMORIM CASTRO

Doutor em Geologia - UnB
Professor Titular - UFOP
Professor Permanente PPGM/UEFS.

PEDRO SILVESTRE PASCOAL JUNIOR

Mestre em Ciências Ambientais PPGM/UEFS
Servidor público nas funções de Analista Universitário pelo Laboratório de Estudos Ambientais (LEA)- PPGM/UEFS e Professor da SEC-Ba

RAFAELA DE SOUSA GONÇALVES

Bióloga - UEFS
Mestre em Ciências Ambientais pela UEFS

RODRIGO NOGUEIRA DE VASCONCELOS

Doutor em Ecologia - UFBA
Pós - doutoramento - PNPD Capes - UEFS
Professor do PPGM - UEFS
Diretor da Geodatin

RODRIGO OSÓRIO PEREIRA

Doutor em História pela Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG.
Professor Adjunto - DCHF/UEFS
Pesquisador e orientador da Pós Graduação em Historia (PGHis) - UEFS
Professor convidado do PPGM/UEFS

ROGER TORLAY PIRES

Mestre em Ciências Ambientais - UEFS
Consultor e analista (PJ) de geoprocessamento

ROSANGELA LEAL SANTOS

Doutora em Engenharia de Transportes pela Universidade de São Paulo (USP).
Professora adjunta do DTEC/UEFS
Coordenadora da Estação Climatológica - UEFS

SIMÃO MASCARENHAS FERNANDES

Mestrando do PPGM/UEFS
Bolsista CAPES (2020-2022)

SOLTAN GALANO DUVERGER

Mestre em Ciências Ambientais - UEFS
Doutorando em Difusão de Conhecimento - UFBA
Consultor do projeto MAPBIOMAS
Diretor da Geodatin

TAINÃ CADIJA ALMEIDA DE MAMEDE

Mestre em Geoquímica Ambiental - UFBA
Doutoranda em Solos e nutrição de Plantas,Universidade Federal de Viçosa (UFV)
Professora Assistente - DEXA/UEFS
Colaboradora no Centro de Agroecologia Rio Seco - UEFS.

TAÍSE BOMFIM DE JESUS

Doutora em Ecologia e Recursos Naturais pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF)
Professora Adjunta DEXA/UEFS
Professora Permanente do PROFCIAMB e PPGM - UEFS
Chefe de Gabinete - reitoria (2019-2022)

UILLIAM DISNEI DE SANTANA LIMA

Geógrafo - UFBA
Analista Ambiental da Fundação Estadual de Meio Ambiente de Minas Gerais (FEAM/MG)

VANDERLISE GIONGO

Doutora em Ciência do Solo - UFRGS
Pesquisadora do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico

Semi Árido (CPATSA) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) - Semi Árido

WASHINGTON FRANCA-ROCHA

Doutor em Geologia - UFBA, estágio em Geographical Informatiom System no Geological Survey of Canada
Professor Titular DEXA/UEFS
Pesquisador e orientador PPGM e PROFCIAMB-UEFS
Coordenador do MAPBiomas e do Portal GeoCovid

WILLIAN MOURA DE AGUIAR

Doutor em Ecologia e Recursos Naturais pela UENF
Professor Assistente-A do Departamento de ciencias Biologicas (DCBio) - UEFS
Pesquisador e orientador do PROFCIAMB e PPGM-UEFS

ÍNDICE REMISSIVO

CIÊNCIAS AMBIENTAIS
E INTERDISCIPLINARIDADE

E-book

Esste livro foi composto no formato 17,0 x 24,0 cm, fonte Minion Pro (texto principal) Calibri (títulos e subtítulos), em dezembro de 2020.